

Studijní program B2341 - Strojírenství

Studijní obor: 2302R022 Stroje a zařízení

Zaměření: Sklářské stroje

## **Minimalizace vad na povrchu skla po stříhu nůžek na lisovém feedru**

(Minimalization of defects on a glass surface after a shear of scissors on a press feeder)

KSR –

**Jitka KULIFAY**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivo Matoušek Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Pavel Dušek

### **Rozsah bakalářské práce:**

Počet stran:	56
Počet tabulek:	9
Počet obrázků:	35
Počet výkresů:	4
Počet příloh:	0
Počet modelů:	0

**Datum odevzdání:** 13. 9. 2013





**TÉMA:** Minimalizace vad na povrchu skla po stříhu nůžek na lisovém feedru

**ANOTACE:**

Bakalářské práce pojednává o minimalizování vad vzniklých na dávce skloviny díky nevyhovujícímu střížnému mechanismu. Studie se zabývá podrobným rozbořem současného stavu s následným řešením v podobě nového konstrukčního zařízení.

**KLÍČOVÁ SLOVA:**

Feeder, sklářské nůžky, vady, dávka skloviny, střížný mechanismus

**THEME:** Minimalization of defects on a glass surface after a shear of scissors on a press feeder

**ANNOTATION:**

The Bachelor's thesis deals with the minimalization of defects resulting from an amount of glass gob due to the unsuitable shear mechanism. The thesis pursues the detailed analysis of the current condition and the subsequent solution in a form of a new construction mechanism.

**KEY WORDS:**

Feeder, glass scissors, defects, glass gob, shear mechanism

**POROHLÁŠENÍ K VYUŽÍVÁNÍ VÝSLEDKŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci dne 13. 9. 2013

Podpis: .....

**PODĚKOVÁNÍ**

Chtěla bych poděkovat panu Ing. Ivu Matouškovi Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce, cenné rady a odborný dohled.

Dále bych ráda poděkovala panu Pavlu Duškovi za kladný přístup při poskytnutí nezbytných informací pro stěžejní části mé bakalářské práce.

## OBSAH

<b>SEZNAM ZKRATEK</b>	8
<b>ÚVOD</b>	9
<b>1 ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU V PODNIKU CRYSTALEX CZ</b>	10
1.1.1. Výrobní linky užitkového skla	11
1.1.2. Obecný popis vad nacházejících se na střižném mechanismu v podniku Crystalex CZ	14
1.1.3. Doprovodné jevy vznikající vzhledem k působení defektů na střižném mechanismu	15
1.1.4. Aspekty ovlivňující vznik vad v oblasti stříhu:	16
1.1.5. Optické vady narušující jakost výrobku	16
<b>1.2. Doprovodná dokumentace pořizena za dobu trvání praxe v podniku Crystalex CZ</b>	17
1.2.1. Střižný mechanismus	18
1.2.2. Spoluzabírající ozubená kola	18
1.2.3. Ramena střižného mechanismu	18
1.2.4. Pevný doraz	18
1.2.5. Úprava střižných čepelí	18
1.2.6. Seřízení čepelí	21
1.2.7. Reálná ukázka vad vznikajících při stříhu čepelí Crystalex CZ	22
<b>1.3. Pákové nůžky používané firmou Crystalex CZ</b>	23
1.3.1. Popis pákového střižného mechanismu	23
1.3.2. Nynější stav střižného mechanismu Crystalex CZ	23
1.3.3. Dokumentace stávajícího střižného mechanismu v podniku Crystalex CZ	24
<b>1.4. Kinematická schémata stávajícího střižného mechanismu</b>	24
1.4.1. Střižné zařízení v poloze zavřené	24
1.4.2. Střižné zařízení v otevřené poloze	25
<b>1.5. Možnosti seřízení střižných čepelí</b>	25
1.5.1. Změna polohy v rovině XZ	25
1.5.2. Změna polohy v rovině YZ	26
1.5.3. Střižné čepel ve 3D provedení	27
<b>2 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ STŘIŽNÝCH MECHANISMŮ</b>	28
<b>2.1. Specifikace střižného zařízení podle trajektorie pohybu nůžek</b>	29
2.1.1. Trajektorie křivková	29
2.1.2. Trajektorie přímková	29
<b>2.2. Střižný mechanismus pákových nůžek</b>	30
<b>2.3. Střižný mechanismus lineárních nůžek</b>	31
2.3.1. Popis lineárních nůžek	32
2.3.2. Rozdělení lineárních nůžek podle druhu pohonu	33
2.3.3. Rozdělení lineárních nůžek podle počtu servopohonů	33
2.3.4. Rozdělení lineárních nůžek podle počtu elektropohonů	33
2.3.5. Možnosti řešení upevnění konstrukce lineárních nůžek	34
2.3.6. Transformace pohybu ovlivňující taktáž stříhu	34

<b>3 MODIFIKACE STŘIŽNÉHO MECHANISMU</b>	36
<b>3.1. Zachování stávajícího konstrukčního řešení střížného mechanismu</b>	36
3.1.1. Varianta 1: Změna geometrie břitu společně s novým materiálem	37
3.1.2. Varianta 2: Úprava dorazu	37
3.1.3. Varianta 3: Nové konstrukční řešení dorazu v podobě pneumatického válce	37
<b>3.2. Nové konstrukční řešení střížného mechanismu</b>	38
3.2.1. Změna pohonu pro pákové nůžky	38
3.2.1.1. Varianta 4: Servopohon ovládající obě střížná ramena zároveň	38
3.2.1.2. Varianta 5: Servopohony ovládající střížná ramena nezávisle na sobě	39
3.2.2. Změna pohonu pro lineární nůžky	40
3.2.2.1. Varianta 6: Servopohon ovládající obě střížná ramena zároveň	40
3.2.2.2. Varianta 7: Servopohony ovládající střížná ramena nezávisle na sobě	42
3.2.2.3. Varianta 8: Ovládání obou střížných ramen zároveň pomocí elektrického pohonu	44
<b>4 SROVNÁVACÍ KRITÉRIUM</b>	45
<b>5 REALIZACE</b>	47
5.1.1. Výběr specifických segmentů pro sestavení lineárních nůžek	47
5.1.2. Výpočtová část	47
<b>5.2. Kinematické schéma nového lineárního mechanismu</b>	49
<b>6 TECHNICKO - EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ</b>	51
6.1. Cenové ohodnocení součástí vyskytujících se v lineárním mechanismu	51
6.2. Náklady určené pro montáž lineárního mechanismu	53
6.3. Výpočet celkového nákladu pro vybraný střížný mechanismus	53
6.4. Ekonomický přínos nového střížného mechanismu	53
6.5. Technický přínos nového mechanismu	54
6.6. Celkové zhodnocení nového řešení	54
<b>ZÁVĚR</b>	55
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b>	56

## SEZNAM ZKRATEK

Symbol zkratky	Jednotka	Popis zkratky
$\beta$	[°]	úhel pootočení
$\alpha$	[°]	úhel pootočení
F	[N]	síla působící na pneumatický válec
p	[Pa]	tlak v pneumatickém válci
S	[m <sup>2</sup> ]	plocha pístu
$t_{1ks}$	[s]	doba stříhu jedné kapky na pákových nůžkách
$D_{celk}$	[ks]	celkový počet dávek
$t_{celk}$	[s]	celkový čas jedné kapky
$v_{1č}$	[mm/s]	rychlost stříhu jedné čepele na lineárních nůžkách
$s_{1č}$	[mm]	dráha pohybu jedné čepele na lineárních nůžkách
$t_{1č}$	[s]	čas pohybu čepele
b	[mm]	stoupání kuličkového šroubu



## ÚVOD

Bakalářská práce je zaměřena na stávající problematiku v podniku Crystalex CZ za účelem podrobného zmapování vyskytujících se vad na dávce skloviny, ke kterým dochází při procesu stříhu na střižném zařízení.

Pákový mechanismus nacházející se ve zmíněném podniku, vykazuje značné konstrukční defekty způsobující snížení jakosti výrobku. Nežádoucí projevy (jako jsou například vibrace ve vertikální i horizontální rovině) jsou iniciovány nedostatečnou tuhostí vodícího sloupu, ale i opotřebením důležitých součástí, díky kterým vznikají dynamické rázy. Nelze opomenout také špatnou volbou geometrie břitu společně s jeho materiálem. Celková podoba střižných čepelí (tloušťka střižného břitu, úhel rozpětí, stoupání střižné části břitu) je dána pouze zručností a znalostí mistrů strojního úseku. Nelze uvést přesný popis nebo rozměry čepelí, jelikož jsou zcela zavádějící.

Vzhledem k zastaralému konstrukčnímu řešení a absenci výkresové dokumentace bylo nutné přistoupit ke zcela jiné, nové realizaci střižného mechanismu.










V úvodu se práce věnuje kompletní analýze stávajícího řešení střižného mechanismu, včetně detekce vad na základě podrobné studie sestavené za dobu trvání praxe v podniku Crystalex CZ. Druhá kapitola „Základní rozdělení střižných mechanismů“ popisuje možnosti sestavení střižných mechanismů podle specifických požadavků daných výrobou (dávkovač jednodávkový, dávkovač vícedávkový, pákové nůžky, lineární nůžky), ale i výrobcem (domácenské sklo, nápojové, obalové). Kapitola 3. „Modifikace střižného mechanismu“ jasně vypovídá o nástinu možných úprav buď na stávajícím zařízení (pákové nůžky), nebo konstrukci zcela nových střižných mechanismů (pákové nůžky, lineární nůžky). Čtvrtá kapitola obsahuje podrobné rozpracování zvolené varianty z možných modifikací střižného mechanismu, včetně kinematického schématu, ilustrace 3D i potřebných výpočtů. Závěrečná kapitola uvádí technicko – ekonomický náhled realizovaného řešení a věnuje vynaložené finanční náklady.

## 1 ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU V PODNIKU CRYSTALEX CZ

Podnik Crystalex CZ je jedním z předních světových výrobců domácího skla ve světě. Hlavní výrobní závod se nachází v Novém Boru (Severní Čechy, provoz CrystalexCz) a jeho přidružený podnik na Moravě (východní Morava, provoz Karolinka), [1].

Technologie výroby je plně automatizována se zaměřením na foukané duté výrobky. Sortiment nápojového skla je rozmanitý, co se týče tvarů (návrhy nové i původní), ale i dekorace (diaryt, pantograf, stříkání barev, potisky, malba, sítotisk atd.), viz tabulka 1.

Tabulka 1: Výběr sortimentu z nabídky podniku Crystalex CZ

KALÍŠKOVINA	Druh výrobku		Název	Využití
	flétny		Sandra	Šumivá vína
	vína		Vicenza	Sladká i suchá bílá vína
	vína		Sandra	Červená vína
	brandy		Olivia	Koňak, Brandy
	koktejl		Bar	Koktejly, martini
ODLIVKY	Druh výrobku		Název	Využití
	pivní		Diana	Pivní nápoje
	likér		Eva	Likéry, destiláty, aperitivy
	nealkoholické		Barline	Nealkoholické nápoje
	whisky		Ideal	whisky

Materiál, který podnik využívá, se nazývá krystalín [3], neboli sklo barnaté. Jedná se o specifické složení sklářského kmene obsahující nejméně 10% sklotvorných oxidů (zejména BaO, SiO<sub>2</sub>) a minimální podíl PbO, [2]. Tuto směs označujeme jako bezolovnatý křišťál o minimálním indexu hustoty 2,45 (g/cm<sup>3</sup>), indexem lomu světla min. 1,520. Hmotnost výrobků bez jakékoliv dekorace se u kalíškoviny pohybuje v rozmezí 0,150 – 0,2400 kg, ovšem u odlivky až do 0,335 kg. Výšku sortimentu ovlivňuje nejen návrh designu, ale i její druh (kalíškovina, odlivky). Hodnoty v prvním případě (kalíškovina) se pohybují mezi 100 – 265 mm, kdežto ve druhém případě (odlivky) 40 – 165 mm. Výběr z nabídky sortimentu Crystalex CZ, viz tabulka 2, [1].

Tabulka 2: Tabulka se základními parametry výrobku

Druh výrobku		Výška kalíšku [mm]	Objem jednoho [kg]	Hmotnost jednoho kusu [kg]
Kalíškovina	Sandra	200	200	0,145
	Vicenza	200	200	0,150
	Sandra	450	450	0,190
	Olivia	400	400	0,160
	Bar	340	340	0,200
	Diana	280	280	0,165
	Eva	60	60	0,100
Odlivky	Barline	300	300	0,240
	Ideal	230	230	0,210

#### 1.1.1. Výrobní linky užitkového skla

Linky pro výrobu dutého užitkového skla (LINKUŽ) jsou plně automatizované. Popis komplexu zřízení v závislosti na dokumentaci (obr. 1), [4, 5].

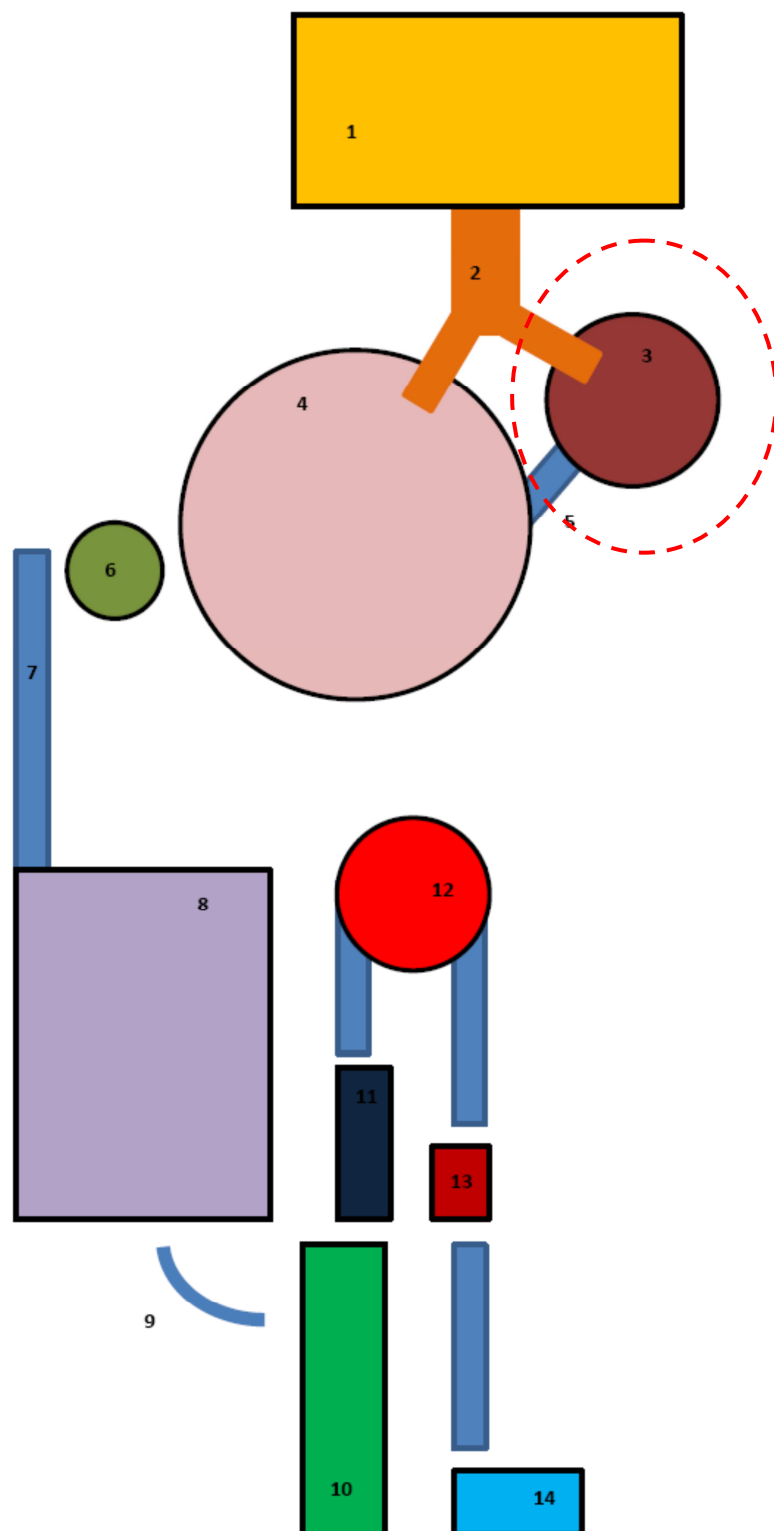
Tavící kontinuální vanová pec 1 obdélníkového půdorysu s valenou klenbou a oxidační atmosférou je hlavním prvkem celého výrobního komplexu. Tavba ve vanové peci je zajištěna odporovými tyčemi. Žaluziový zakladač pohybující se nad hladinou skloviny umožňuje rovnoměrné rozprostření dávky kmene na požadované ploše.

V obr. 1 jde vidět, jak je utavená Sklovina z vanového prostoru odváděna do výtokových žlabů -Feedru<sup>2</sup>. Ve výtokových žlabech dochází nejen k dopravě skloviny do výtokové (dávkovací) hlavy, ale i k její úpravě vzhledem k homogenitě (míchadla), nebo k teplotě (příhřevy). Hlavy dávkovačů směřují ke specifickým sekcím určujícím zpracování dávky skloviny (foukací karusel, lisovací karusel). Lisovací karusel 3 (otočné rotující zařízení obsahující lisovací formy) vytváří spodní díl kalíškoviny (nožku) použitím tlaku působícího na dávku skloviny v uzavřené vícedílné kovové formě. Foukací karusel 4 (otočné rotující zařízení obsahující několik foukacích píšťal a kovových dvoudílných forem pro určení tvaru kalíšku) vytváří dutinu ve výrobcích pomocí vháněného vzduchu do předlisované dávky skloviny (čočky). Na tomto karuselovém zařízení tedy dochází ke spojení předlisované nožky výrobku s právě se vytvářejícím kalíškem. Stroj „HUGO“ 6 splňuje funkci odnímatelného a otočného zařízení pro manipulaci s výrobky (výrobek obsahuje kalíšek, nožku, kopnu) vytvořených na foukacím karuselu. Chladicí kontinuální pásová pec 8 postupně vyrovnává teploty ve výrobcích, aby nedocházelo k nežádoucímu vnitřnímu pnutí (destrukce výrobku). „Pukačka“ společně s „Obrušovačkou“ 10 je zařízení určené k odstranění kopny s následným zabroušením vzniklých nežádoucích hran při opuknutí. Oplachovací, mycí i sušící linka 11 umístěné v bezprostřední blízkosti obrušovacího (sámovacího) stroje, plynule navazují na nepřetržitý chod celé výroby. Omyté zabroušené výrobky postupují do sekce „zapalovací“ 12, kde vlivem povrchového napětí dochází k zaoblení hran pomocí plamene. Optická kontrola 13 umístěná na konci výrobní linky slouží k rozřazení výrobků podle jakosti, monitoringu případných vad ve skloviny způsobené tavbou, stavem pece či špatným složením sklářského kmene. Umístění expedice 14 se volí podle potřeb výroby (např. oblasti 13,14). Taktáž střížného zařízení

stanovena v závislosti na dávce skloviny (tvar, hmotnost) pro lisovací karusel v rozmezí (22 – 25) ks/min, pro foukací karusel přibližně (22 – 25) ks/min. Hmotnost dávky, tvar (pro lisovací a foukací karusel) určuje předpoklad konečného výrobku (tvar, velikost, objem, hmotnost přelitků, hmotnost kopny, konečná hmotnost výrobku). Příkladem jsou uvedeny hodnoty vyňaté ze seřizovacích listů pro lisovací stroje na linkách L2, L5, L8 (tabulka 3), [6].

Tabulka 3: Vyňaté hodnoty ze seřizovacích listů pro lisovací karusel

<b>Druh výrobku</b>	<b>Taktáž [ks/min]</b>	<b>Hmotnost dávky skloviny [g]</b>	<b>Teplota tvarové formy [°C]</b>	<b>Teplota razníku [°C]</b>	<b>Tlak v nůžkách [kPa]</b>
Angela velká Φ82	23	104	355	87	340
Claudia	25	75	360	47	400
Fleur velká Φ66	23	72	290	68	340
Fleur velká Φ82	22	95	290	98	340
Nancy střední Φ66	25	54,5	347	98	340
Nancy super Φ76	24	69	325	96	340
Sarah Φ60	25	47	371	72	400



### Popis Linkuže

- 1 Tavicí vanová pec
- 2 Feedr, nátokové žlaby
- 3 Lisovací karusel
- 4 Foukací karusel
- 5 Dopravní pás s výlisky
- 6 „HUGO“
- 7 Pásový přepravník s výrobky
- 8 Pásová kontinuální chladící pec
- 9 Manuální přenes výrobků
- 10 Pukací, obrušovací zařízení
- 11 Oplachovací, mycí, sušící linka
- 12 Zapalovací zařízení
- 13 Optická kontrola kvality
- 14 Expedice
- - Oblast řešení zabývající se bakalářská práce

Obr. 1: Linkuž

### 1.1.2. Obecný popis vad nacházejících se na střížném mechanismu v podniku Crystalex CZ

- Základní rám střížného mechanismu
  - Špatná stabilita rámu vyvolávající chvění
- Chod pneumatického válce
  - Opotřebení na levém rameni v kloubu
- Spoluzabírající ozubená kola
  - Nevhodné vymezení vůlí, značné opotřebení
- Ramena střížného mechanismu
  - Vůle v kloubovém uložení, hustota materiálu
- Doraz
  - Nevhodné řešení způsobující dynamické rázy
- Tloušťka a materiál břitu
  - Neuspokojující, zastaralé materiály
- Geometrie břitu
  - Neodpovídající požadavkům na konečnou jakost výrobku
- Rychlosti stříhu
  - Seřízení, nízká možnost flexibility rychlostní regulace
- Seřízení čepelí (přestřih, předpětí)
- Mazání čepelí

Pro lepší přehlednost jsou vady sestaveny v tabulce 4 s popisky příčin vzniku a lokací jejich výskytu [7, 8, 12].

Tabulka 4: Přehled nežádoucích projevů při chodu střížného mechanismu

Vznikající deformace	Lokalita	Příčiny vzniku
stopa stříhu	čepel	tupé čepel
		špatné seřízení střížné roviny
		nevyhovující seřízení čepelí pro přestřih
		nesprávná rychlost čepelí
	geometrie čepelí	nevhodný úhel čepel
		tloušťka materiálu
		drsnot stykové plochy čepelí a dávky skloviny
		příliš vysoký úhel sklonu břitu
	ramena	vibrace přenášené vlivem špatného ukotvení mechanismu

		chvění ramen díky přenosu spoluzabírajících kol
	doraz	dynamické síly vliv přenosu vibrací
hluk, vibrace	ramena	deformace ozubených kol
		špatné seřízení záběru
		nevhodné mazání kol
		nečistota v záběru ozubených kol
		opotřebení ložisek v radiálním směru
	doraz	dynamické rázy
	pohon	nevhodné seřízení pohonu
	nosná konstrukce	vibrace přenášené z pevně ukotveného pódia
		vibrace přenášené z posuvného pódia

#### 1.1.3. Doprovodné jevy vznikající vzhledem k působení defektů na střížném mechanismu

- Hlučnost střížného mechanismu
- Chvění celého střížného mechanismu
- Častá výměna poškozených komponentů
- Vyšší náročnost na seřízení mechanismu

Firma Crystalex CZ na základě těchto poznatků přistoupila k částečné realizaci oprav, (výměny, seřízení, úpravy). Vzhledem k opětovným projevům vad v již zmíněných bodech je toto řešení bezvýznamné.

Některé body z vypsaných defektů jsou v souladu s protokolem zprostředkovaným firmou Glamaco [7, 12].

#### 1.1.4. Aspekty ovlivňující vznik vad v oblasti stříhu:

- Rychlost čepelí
  - nevhodné seřízení rychlosti (pomalé, rychlé)
- Paralelita čepelí
  - nedostačující seřízení roviny stříhu, chodu čepelí smýkajících se po sobě
- Mazání břitů
  - volba mazadla a intervalu mazání
- Chlazení břitů
  - Chladící médium
- Celkové řešení střížných břitů
  - Materiál, geometrie
- Sklovina
  - Teplota společně s kvalitou skloviny
- Přestřih
  - Seřízení (rychlost stříhu, nastavení přestřihu, nastavení záběru čepelí)
- Vychylovač
  - výběr tvaru, umístění na břitu

Lepší orientaci vad v oblasti stříhu znázorňuje tabulka 4.


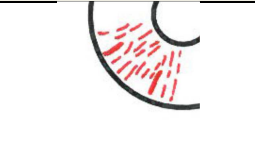






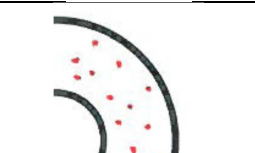
#### 1.1.5. Optické vady narušující jakost výrobku

Jednoduchý výpis defektů vznikajících na dávce skloviny při jejím stříhu je uveden v tab. 5. Zmíněné střížné zařízení je určeno pouze pro lisovací stroj. [9]

- Zvrásnění vertikální
- Zvrásnění horizontální
- Otlaky od vychylovače
- Stopa stříhu
- Nedostačující stříh
- Otlaky



Tabulka 5: Přehled optických vad vznikajících při stříhu

Obrázek defektu	Nákres	Název	Popis vzniku vady
		Zvrásnění vertikální „sluníčka, drápky“	Chvění čepelí v rovině vertikální (kmitání ve směru nahoru a dolů)
		Zvrásnění horizontální „zvlnění!“	Chvění čepelí v rovině horizontální (kmitání do boků)
	Není přesně určen projev vady na dávce	Otlaky od vychylovače „jemné zvlnění „	Otlaky se přenášení vlivem přímého kontaktu plochy vychylovače s dávkou
		Stopa stříhu „smrková větvička“	Stopa po usmyknutí dávky skloviny
		Otlaky „dolíčky“	Kontakt dávky skloviny s plochou bříty, (opření dávky skloviny v dolní části)
		Nedostačující stříh	Kombinace vad, hrubost, silná optika

Podrobnosti vztahující se k optickým vadám jsou uváděny ve studiích [8, 10, 11].

## 1.2. Doprovodná dokumentace pořízena za dobu trvání praxe v podniku Crystalex CZ

Praxe spočívala v prověření předešlých analýz s následným rozšířením o nové poznatky, které by vedly k odstranění vzniklých deformací v oblasti stříhu. Aktuální stav v podniku Crystalex byl podrobně monitorován a dokladován (fotografie, datové záznamy, filmové záznamy, vzorky). Podrobné zmapování defektů s následným řešením je zaměřeno zejména na střížné bříty (tvar, hladkost, mazání, chlazení, chvění, atd.).

Veškeré studie týkající se vad byly mnou sestaveny a zpracovány v rámci řízené praxe v podniku Crystalex CZ [4, 5].

## Oblasti analýzy

- Střížný mechanismus
- Spoluzabírající ozubená kola
- Ramena střížného mechanismu
- Pevný doraz
- Úprava střížných čepelí
  - Tloušťka čepelí
  - Geometrie čepelí
  - Povrch střížných čepelí
- Seřízení čepelí
- Reálná ukázka vad vznikajících při stříhu čepelí Crystalex CZ

### 1.2.1. Střížný mechanismus

Při procesu stříhu dochází k rozechvění kompletně celého střížného mechanismu. Příčiny chvění jsou v důsledku nedostatečného ukotvení (pouze v jednom bodě k pevné části pracovního pódia), [7].

### 1.2.2. Spoluzabírající ozubená kola

Ozubená kola přenášejí mezi sebou pohyb valivý společně se smykovým i rázovým zatížením, které vyvolává v chodu celého zařízení nežádoucí vibrace. Vibrace mohou být způsobeny opotřebením zubů, prokluzem zubů, nečistotami mezi koly, atd., [7].

### 1.2.3. Ramena střížného mechanismu

Vzhledem k tomu, že střížná ramena na stávajícím mechanismu jsou masivní a dlouhá, je nanejvýš pravděpodobné, že vibrace vznikající v oblasti spoluzabírajících ozubených kol jsou nejen převáděny, ale jejich intenzita je dokonce zvyšována. Vznikající chvění a vibrace na počátku ramen jsou popsány jako kmitavý pohyb ve vertikální poloze způsobený rázy a špatným odvalováním ozubených kol. Ovšem na konci ramen, neboli v části bříty je tento pohyb (kmitání) také v rovině horizontální, [7, 12].

### 1.2.4. Pevný doraz

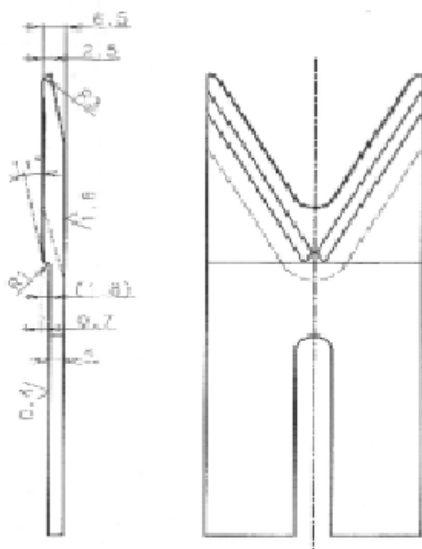
Doraz, v podobě ocelových šroubů nacházejících se na obou ramenech střížného mechanismu, splňuje funkci zamezení pohybu ramen po kruhové trajektorii. Vzhledem k tomu, že doraz není opatřen žádným zbrzdujícím, či tlumícím prvkem, styk obou ramen vykazuje značné rázy a vibrace. Vibrace jsou popsány, jako kmitavý pohyb ve vertikální rovině při vzájemném styku obou ramen (fáze stříhu dávky skloviny), [7].

### 1.2.5. Úprava střížných čepelí

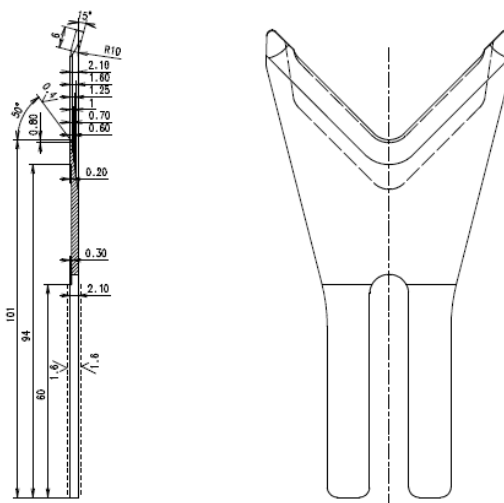
Veškeré testování střížných břitů firmy Crystalex probíhalo v závislosti na porovnání s břitý Turmond. Analýzy obou čepelí doplněné fotodokumentací i filmovými záznamy jsou podrobněji zpracované v mnou sestavených studiích, [7, 12, 13].

## Tloušťka čepelí

Tloušťka břitů firmy Crystalex je oproti břitům firmy Turmond značně masivní, viz obr. 2, obr. 3. Průnik čepelí do dávky skloviny je tloušťkou břitu zbrzděn za vzniku otlaků dávky, [7,13].



Obr 2: Břít firmy Crystalex CZ



Obr. 3: Břít firmy Turmond

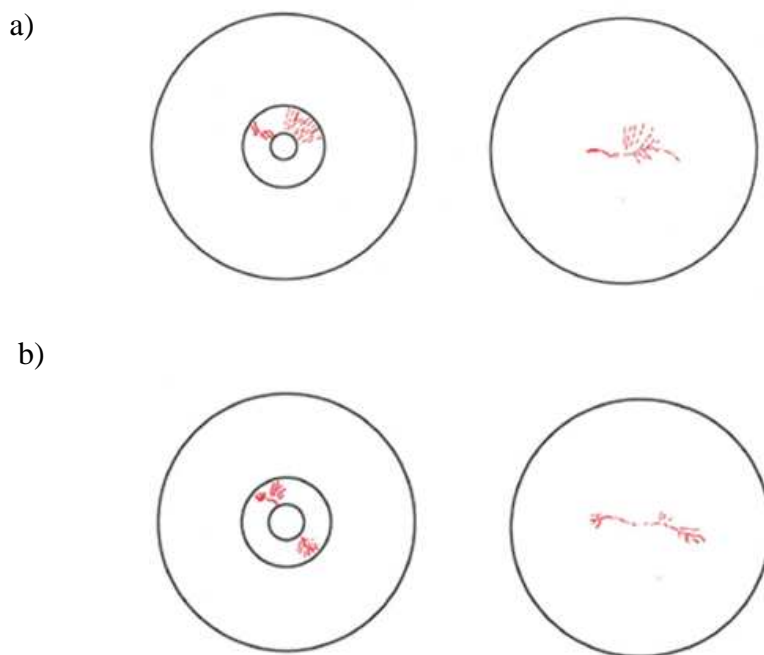
## Geometrie čepelí

Stávající geometrie čepelí ve firmě Crystalex CZ je neměnná za posledních cca 20 let (i přes změnu jména nebo vlastníka podniku), viz obr. 2 a obr. 4. Úhel rozpětí střížné části břitu je  $60^\circ$  s poklesem materiálu  $14^\circ$ . Při testování (porovnávání defektu stříhu, chodu břitu) čepelí Crystalex CZ a značky Turmond bylo zjištěno, že čistší i ostřejší stříh má firma Turmond.

Úhel stoupání materiálu ve střižné části je znatelnější ( $14^\circ$ ) oproti břitu Turmond ( $7^\circ$ ). Pravděpodobný následek deformace vzniklé hrnutím skloviny (viz. tzv. „sluníčka“ v tab. 5, obr. 4), [7, 8, 11, 13].



Obr. 4: Čepele používané v podniku Crystalex CZ



Obr. 5: Ilustrativní nákresy vzniklých deformací břity firmy Crystalex CZ

- a) Testovací vzorek znázorňující deformace stříhu, typ nožky - Fleur velká  $\Phi$  82
- b) Testovací vzorek znázorňující deformace stříhu, typ nožky - Angela velká  $\Phi$  82

#### Povrch střížných čepelí

Úprava povrchu čepelí i úhlu rozpětí je zcela na mistrovi lisovacího (foukacího) stroje (zkušenosti, léta praxe), viz obr. 6. Povrch volíme co nejhladší vzhledem k eliminaci otisku bříty společně se zamezením vzniku povrchového tření mezi břitem a sklovinou, [7,13].



Obr. 6: Čepele firmy Crystalex CZ

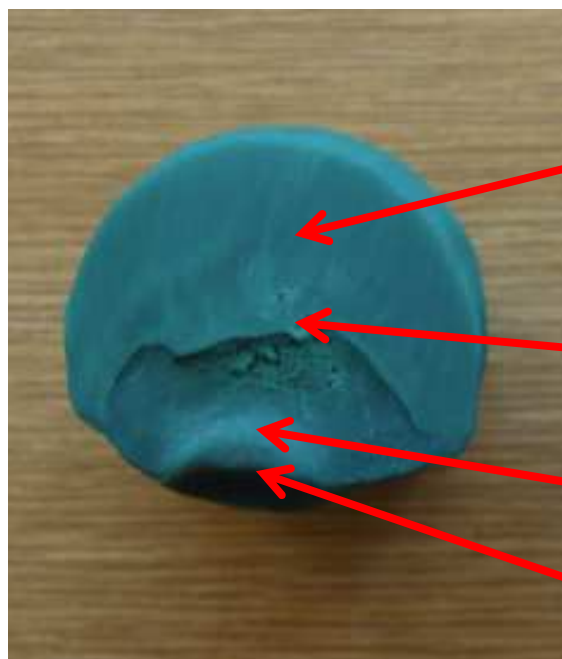
Levá část obrázku zobrazuje vrchní stykovou plochu čepelí (maximální kontakt s dávkou skloviny), pravá část obrázku pak spodní plochu čepelí (minimální kontakt se sklovinou).

#### 1.2.6. Seřízení čepelí

Seřízení chodu čepelí (přestřih, rychlost) má v kompetenci pouze mistr lisovacího (foukacího) stroje. Celková úprava (seřízení břitů, natočení břitů vůči sobě, ostření) se provádí mimo střižný mechanismus (dílenské prostory určené strojníkům – mimo provozní halu). Seřizovací zařízení bylo vyrobeno strojníky podniku Crystalex CZ nejen pro vlastní účely, ale i v zájmu přestavby (urychlení montáže, zvýšení bezpečnosti, snížení časových prodlev při seřizování). Vliv natočení břitů vůči sobě či jejich společný styk ploch (klouzáni) může mít za následek nežádoucí defekty projevující se na stroji (porušení stroje, zlomení břitů), ale i na stříhu kapky (nedostatečný stříh, otlaky břitů na dávce skloviny), [13].

1.2.7. Reálná ukázka vad vznikajících při stříhu čepelí Crystalex CZ

Střih demonstrováný na plastelíně obsahující jednoduchý popis defektů. Fotografie poskytnuty firmou Crystalex CZ, [13, 14].



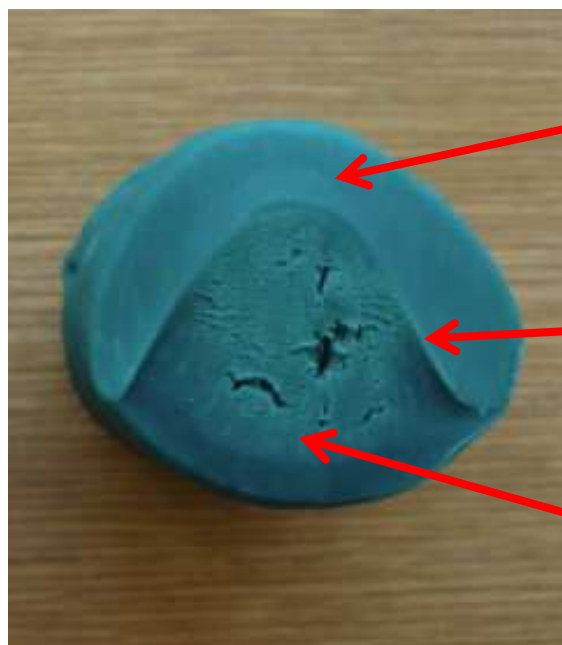
Prvotní vniknutí nůžek do materiálu je hladké (bez defektů, či zvrásnění). Materiál se v této části mírně vzdouvá směrem ke středu dávky. Hlavní čepel (vniknutí) jde z pravé strany (na tomto obrázku jde z vrchu).

Tento defekt je vytvořen usmýknutím materiálu (střetnutí čepelí v jednom bodě).

Zvrásnění a zdvih materiálu díky vychylovací.

Stopa po vtlačení vychylovače do materiálu.

Obr. 7: Spodní díl plastelínové dávky poukazující na deformaci vzniklou při stříhu



Vniknutí spodní čepel do materiálu (hladký povrch, mírně se vzdouvající).

Stopa po usmýknutí (střetnutí obou čepelí), znatelná obruba (materiál vystupuje).

Prvotní vniknutí hlavní čepel do materiálu je relativně hladké (mírně se vzdouvající materiál).

Obr. 8: Horní díl plastelínové dávky poukazující na deformaci vzniklou při stříhu

### **1.3. Pákové nůžky používané firmou Crystalex CZ**

#### **1.3.1. Popis pákového střížného mechanismu**

Mechanismus pákových nůžek je upevněn na nosném sloupu s jednobodovým ukotvením do nehybné části pódia. Pohon ramen zajišťuje pneumatický válec umístěn v levé boční části střížného mechanismu (pohonná část je uzavřena v kovovém krytu z důvodu ochrany a teplotních změn). Viditelná část mechanismu obsahuje jeden pár rovnoběžných ozubených čelních kol s příkými zuby uchycených na hřídelích v jehličkových ložiscích společně se dvěma pohyblivými rameny (otočný pohyb v rovině horizontální). Levé rameno je uváděno do pohybu pneumatickým válcem, který pomocí silového přenosu v ozubení dodává pohyb spoluzabírajícímu kolu. Rameno obsahuje doraz (vyměnitelný, volně nastavitelný) zabráňující nejen otáčivému pohybu, ale také splňuje funkci přestřihu. Pohyb pravého ramene (obsahuje pevný doraz) zajištěn sdílením impulzu síly s ramenem levým (spoluzabírající ozubená kola). Součástí obou ramen střížného zařízení jsou vyměnitelné koncové části (nástavce neboli držákyčepelí). Pouze držák břitů nacházející se na levém rameni, umožňuje polohovatelnost (naklápění) vůči rovině stříhu. První změna polohy se nachází v horní části držáku (speciální podložky a stavitelné šrouby) naklopením v rovině XZ. Druhou změnu polohy určuje stavitelný kříž s kalenými podložkami. Polohujeme tedy břit vůči rovině ZY. Pravý držák břitů je zcela nepolohovatelný. Upevnění čepelí na držácích je zajištěno jednoduchými šrouby. Taktáž stříhu volíme podle dávky skloviny, tvaru misky, teploty skloviny atd., [6, 7, 15].

#### **1.3.2. Nynější stav střížného mechanismu Crystalex CZ**

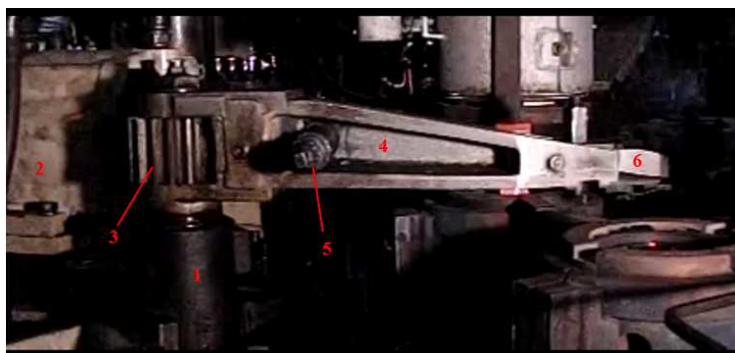
Střížný mechanismus firmy Crystalex je v provozu stále využíván bez jakýchkoliv změn (značné množství vad projevujících se na kvalitě výrobků). Celková analýza mechanismu a jeho chování při běžném provozu byla v minulosti již zmapována, viz.[7]. Pro ověření předešlé analýzy byla využita dokumentace v podobě fotografií společně s filmovým záznamem celého procesu stříhu, [12,10]. Filmové záznamy poukazovaly na vibrace celkového střížného zařízení (sloup, ramena) včetně břitů, zejména při koncovém dorazu (usmyknutí). Jedná se o pohyby posuvné (chvění, vibrace) ve vertikální i horizontální poloze, [7, 10, 12].



### 1.3.3. Dokumentace stávajícího střížného mechanismu v podniku Crystalex CZ

Obrazová a filmová dokumentace [7, 12] byla pořízena v době konání praxe v již zmíněném podniku.

1. Nosný sloup střížného zařízení
2. Nosná, upínací část mechanismu
3. Ozubená spoluzabírající kola
4. Střížné rameno
5. Doraz
6. Držák čepele

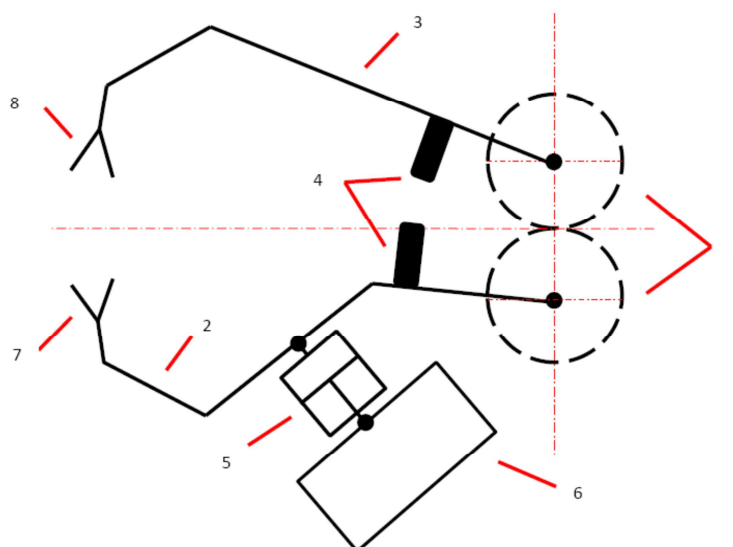


Obr. 9: Střížný mechanismu, pohled zprava stroje

### 1.4. Kinematická schémata stávajícího střížného mechanismu

Jednoduchý náčrt lisovacího střížného zařízení ve dvou polohách (otevřeně, zavřeně), [4, 5].

#### 1.4.1. Střížné zařízení v otevřené poloze

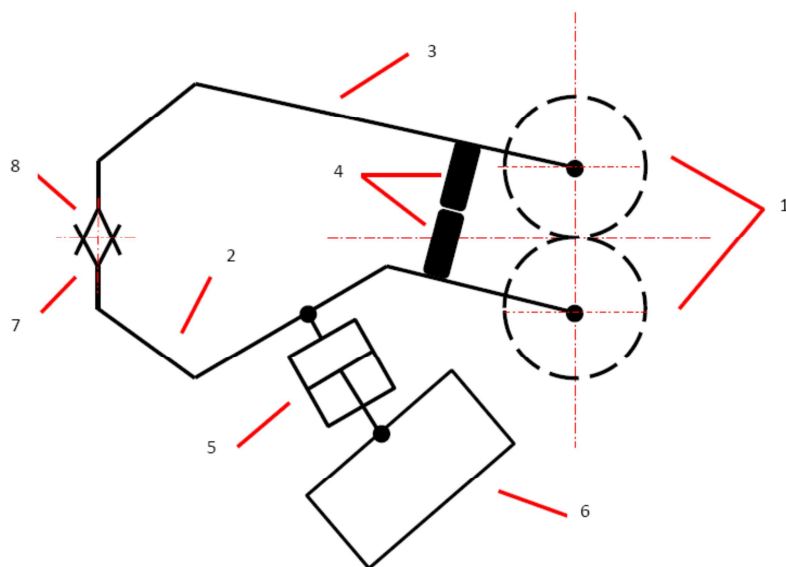


Obr. 10: Střížný mechanismus v poloze otevřené

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| 1 Ozubená spoluzabírající kola      | 5 Pneumatický válec udílející pohyb střížnému rameni |
| 2 Levé rameno střížného mechanismu  | 6 Vzduchový zásobník                                 |
| 3 Pravé rameno střížného mechanismu | 7 Levý střížný břit                                  |
| 4 Doraz                             | 8 Pravý střížný břit                                 |



#### 1.4.2. Střížné zařízení v poloze zavřené



Obr. 11: Střížný mechanismus v poloze zavřené

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| 1 Ozubená spoluzabírající kola      | 5 Pneumatický válec udílející pohyb střížnému rameni |
| 2 Levé rameno střížného mechanismu  | 6 Vzduchový zásobník                                 |
| 3 Pravé rameno střížného mechanismu | 7 Levý střížný břit                                  |
| 4 Doraz                             | 8 Pravý střížný břit                                 |

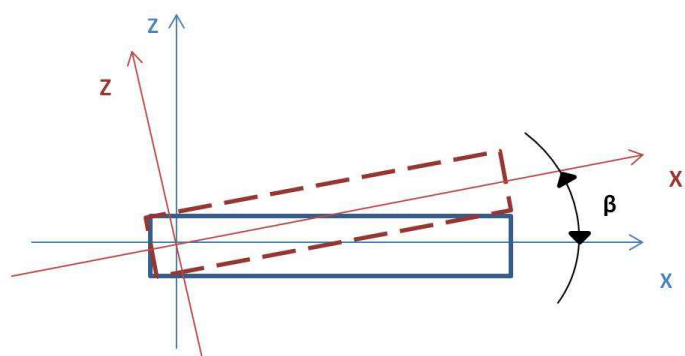
### 1.5. Možnosti seřízení střížných čepelí

Pro správnou funkci střížného zařízení je důležitá polohovatelnost střížných břitů dle požadavků na jakost výroby. Nastavení zmíněných poloh je možné pouze u břitu umístěného na levém rameni z pohledu od nosného sloupu.

#### 1.5.1. Změna polohy v rovině XZ

Odchýlení střížné čepule od roviny podporují speciální podložky se stavitelnými šrouby.

- Stavitelné šrouby
  - Rozebíratelné spoje
  - Fixují polohu břitu odchýlenou od roviny XZ
- Speciální podložky (talířové: spodní, horní – ČSN 42 65 10)
  - Obstarávají částečné natočení svěrného spoje (šroubu)



Souřadnicový systém **XZ** je původní systém bez změny.

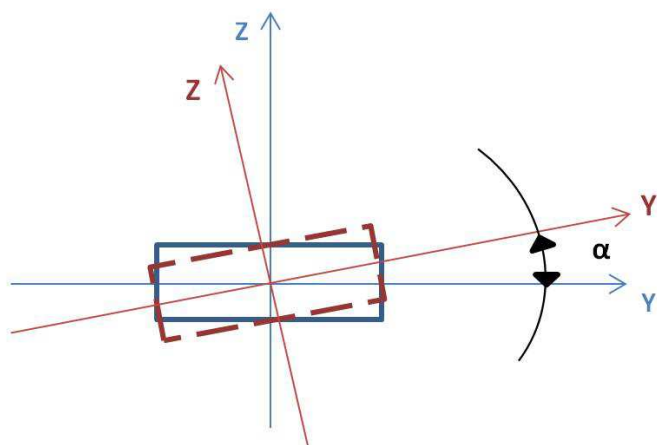
Souřadnicový systém **XZ** je novým systémem pootočeným o úhel  $\beta$  od původního.

Obr. 12: Změna polohy břitu v rovině XZ

#### 1.5.2. Změna polohy v rovině YZ

Regulace polohy dána stavitelný kříž s možností natáčení břitu (rotace kolem osy X).

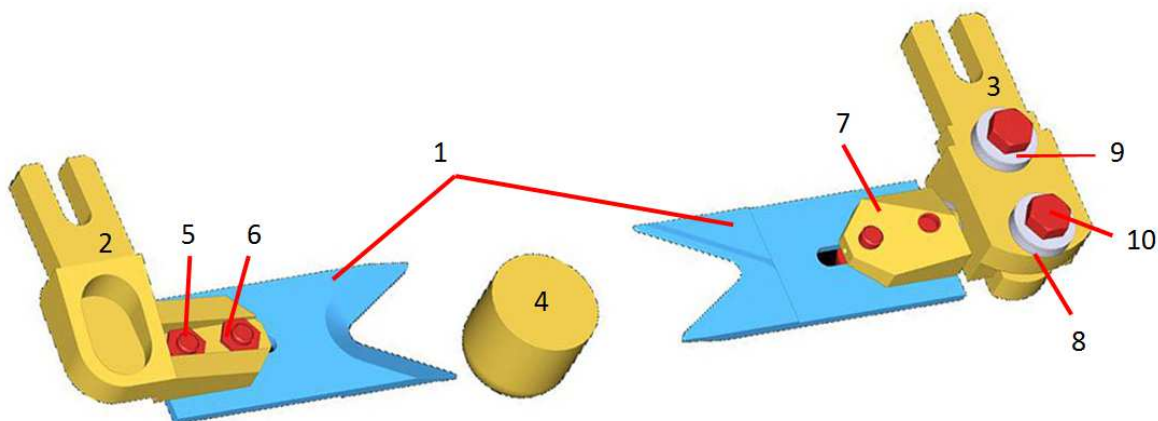
- Držák nůžek
  - Koncovka pro připojení střižného břitu k rameni mechanismu
- Stavitelný kříž
  - Polohovatelná prvek dovolující natáčení břitu
- Spojovací šrouby
  - Rozebíratelný svěrný spoj
- Břit
  - Žárupevný materiál daných vlastností o určité geometrii



Souřadnicový systém **YZ** je původní systém bez změny.

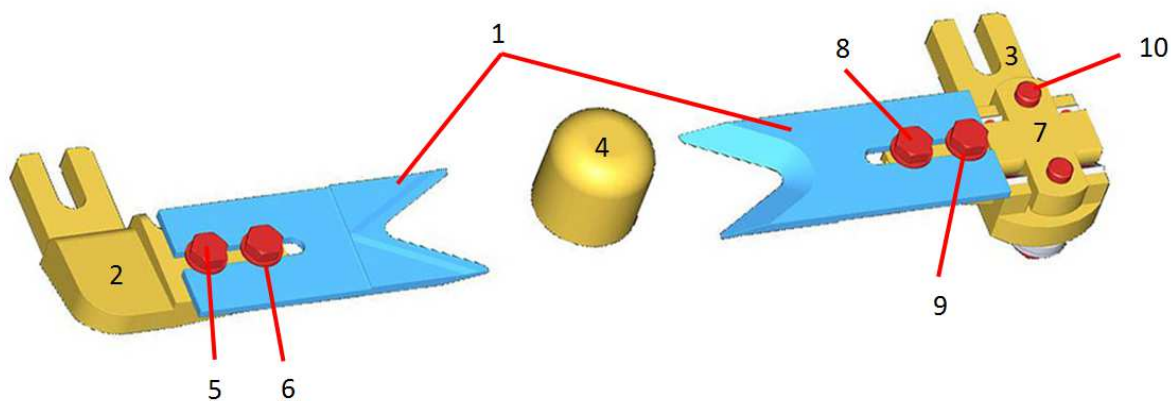
Souřadnicový systém **YZ** je novým systémem pootočeným o úhel  $\alpha$  od původního.

Obr. 13: Změna polohy břitu v rovině YZ

1.5.3. Střížné čepele ve 3D provedení

Obr. 14: Střížné čepele z pohledu shora (od dávkovače)

- |                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| 1 Střížné čepele             | 6 Matka spojovacího šroubu       |
| 2 Držák nůžek pravého ramene | 7 Stavitelný kříž                |
| 3 Držák nůžek levého ramene  | 8 Spodní část speciální podložky |
| 4 Dávka skloviny             | 9 Horní část speciální podložky  |
| 5 Spojovací šroub            | 10 Stavitelný šroub              |



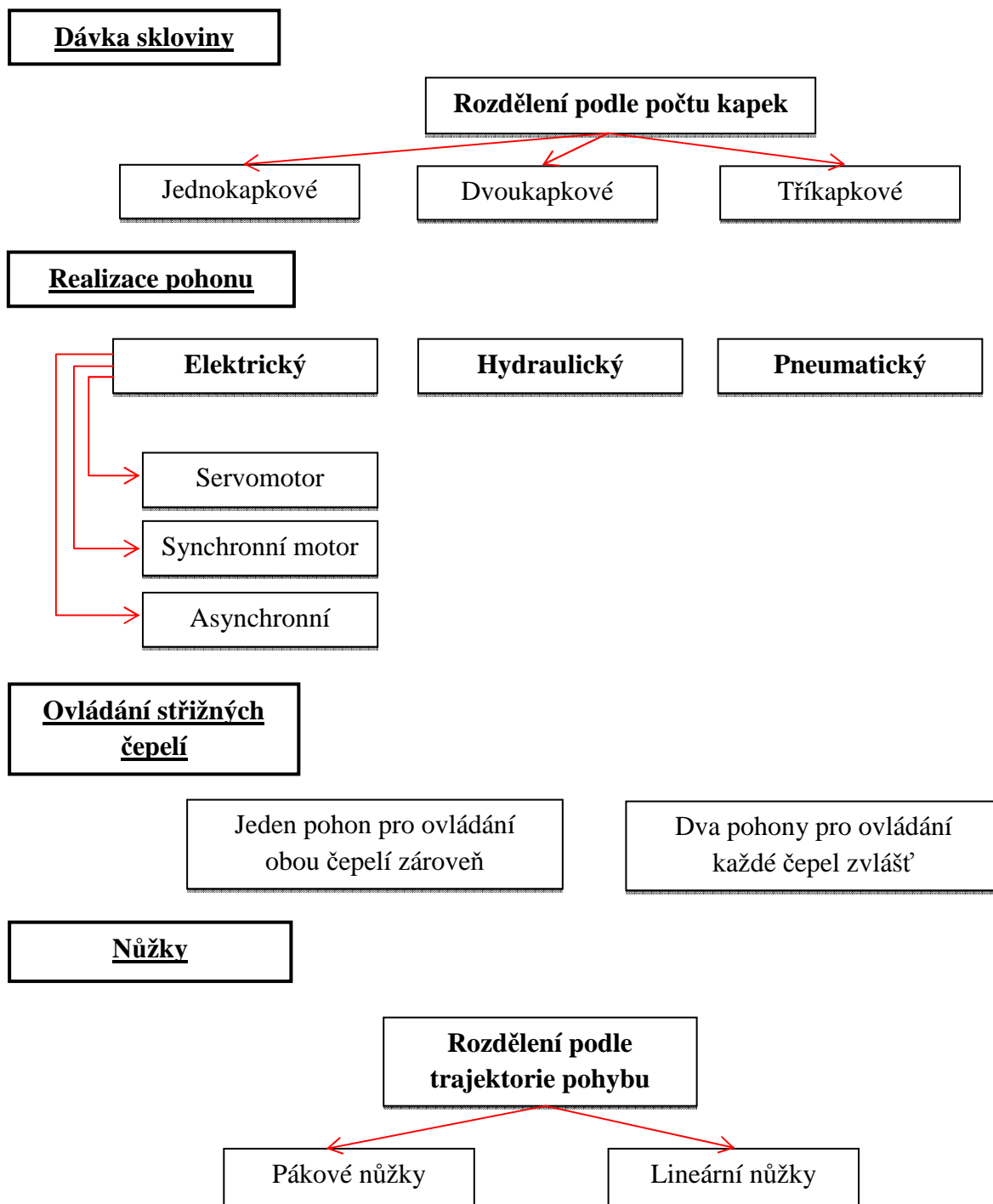
Obr.15: Střížné čepele z pohledu zdola (od lisovacích forem)

- |                                      |                     |
|--------------------------------------|---------------------|
| 1 Střížné čepele                     | 6 Spojovací šroub   |
| 2 Držák nůžek pravého ramene         | 7 Podložka šroubu   |
| 3 Držák nůžek levého ramene          | 8 Stavitelný kříž   |
| 4 Držák nůžek určený k levému rameni | 9 Podložka šroubu   |
| 5 Dávka skloviny                     | 10 Stavitelný šroub |
|                                      | 11 Stavitelný šroub |

## 2 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ STŘIŽNÝCH MECHANISMŮ

Jednoduché dělení střížných mechanismů na základě určitých aspektů viz tab.7. Dávkování skloviny střížným zařízením je možné rozdělit podle trajektorie pohybu na pákové a lineární nůžky, dále podle počtu vytvořených dávek skloviny na jednokapkové i vícekapkové nebo v závislosti na pohonu ramen pomocí jednoho i dvou servopohonů, [16, 17].

Tabulka 7: Schéma střížných mechanismů řazených podle důležitých kritérií



## **2.1. Specifikace střížného zařízení podle trajektorie pohybu nůžek**

Odlišnosti v chodu střížných břitů po určité trajektorii je rozděleno na pákové a lineární nůžky

### **2.1.1. Trajektorie křivková**

Tato trajektorie pohybu je specifická pro pákové nůžky. Ke stříhu dávky skloviny dochází při záběru střížných ramen, které jsou úhlově vymezené pro dostatečný stříh. Páče pákových nůžek tedy spočívá v sevření a rozevření střížných ramen (břitů).

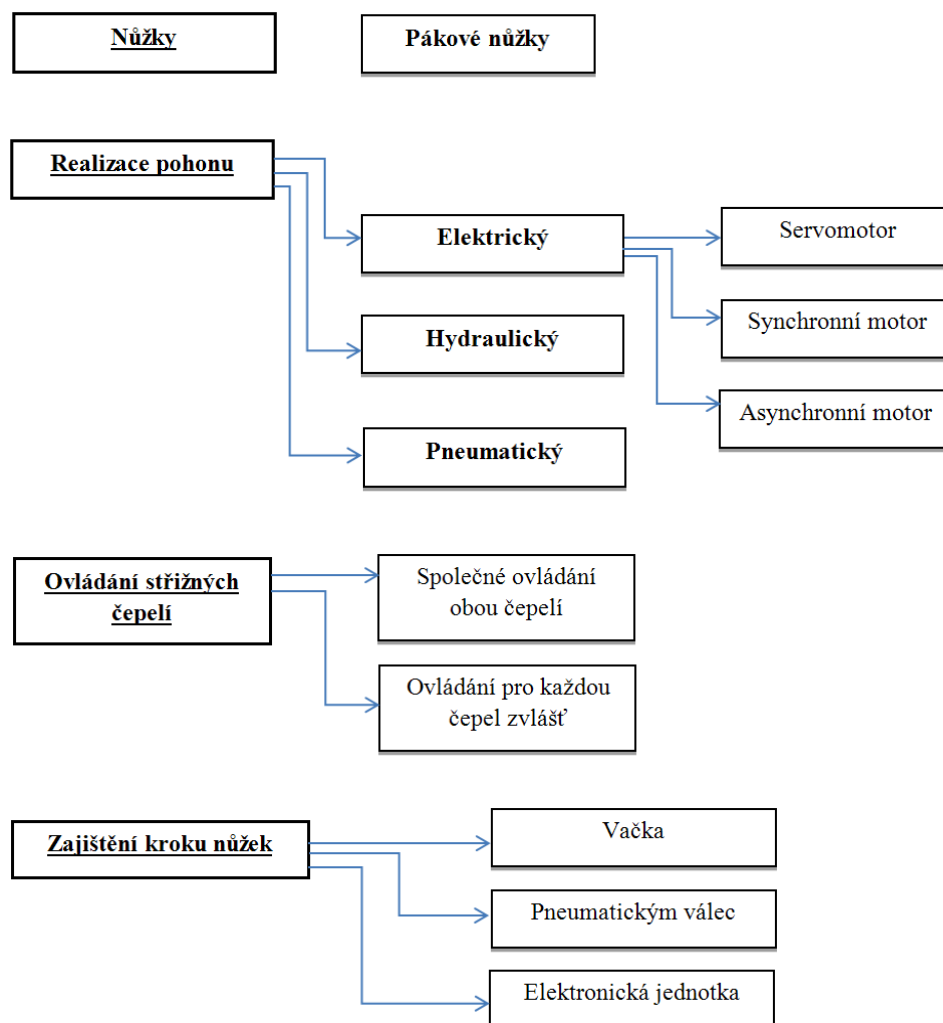
### **2.1.2. Trajektorie přímková**

Pohyb po přímce (lineára) je určen pro lineární střížný mechanismus. Vymezení vzdálenosti mezi čepelemi je daleko jednodušší než u nůžek pákových. Práci „lineárů“ popisuje připlížení a oddálení břitů.

## 2.2. Střížný mechanismus pákových nůžek

Podrobný popis celého zařízení včetně nákresů nebo fotografií je již zmíněn (Dokumentace stávajícího střížného mechanismu v podniku Crystalex CZ).

Tabulka 8: Schéma střížného ústrojí pákových nůžekřazeného podle důležitých kritérií

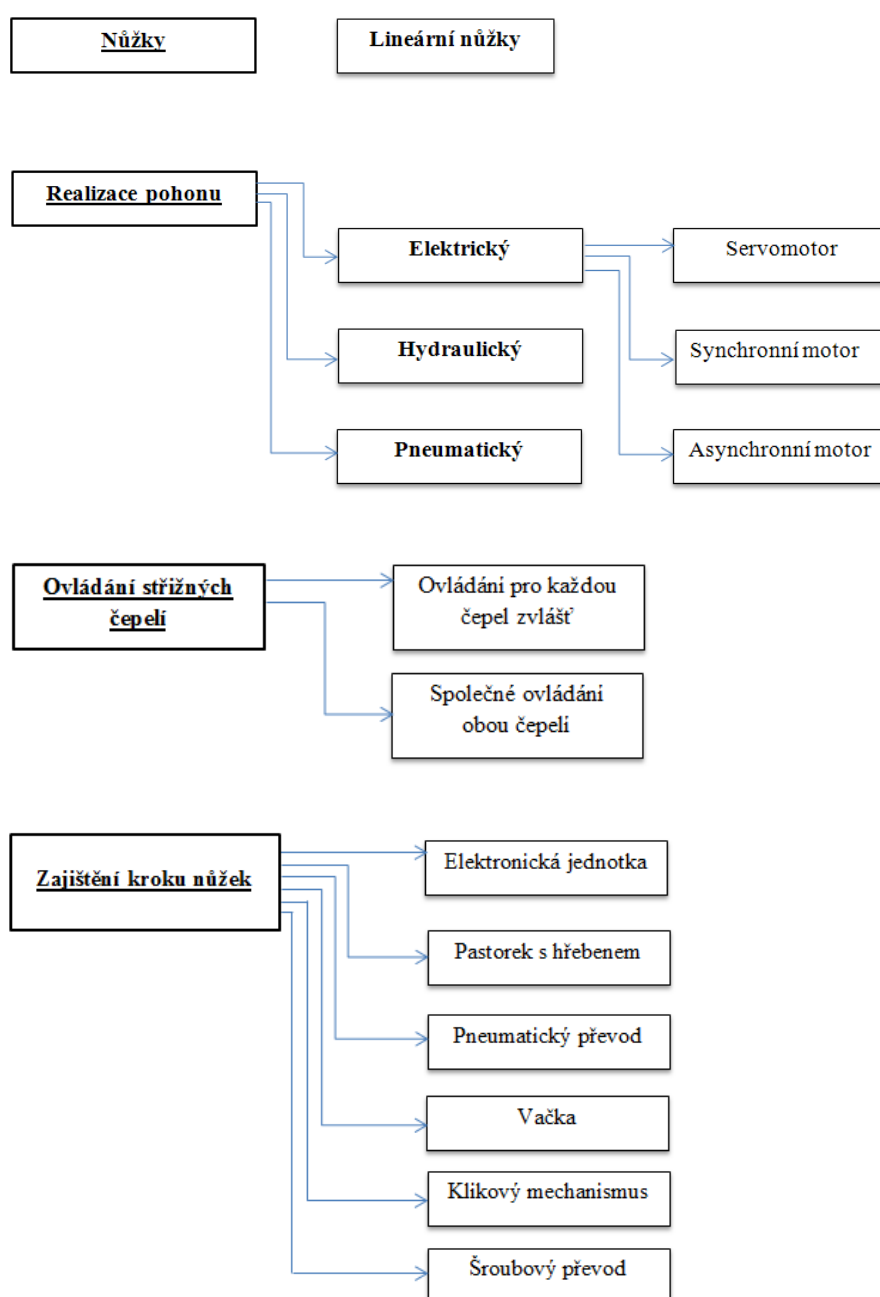


### 2.3. Střížný mechanismus lineárních nůžek

Lineární nůžky jsou takové, které vykonávají pohyb translační po definované přímce. Pro snazší přiblížení podoby lineárních nůžek uveden nákres střížného mechanismu, který obsahuje možné modifikace (počet servopohonů, umístění táhel či jiných konstrukcí pro zaručení pohybu čepelí, atd).

Vzhledem k absenci informací vztahujících se na přesný popis lineárních nůžek, probíhaly konzultace na toto téma s pracovníky podniku Crystalex CZ.

Tabulka 9: Schéma střížného ústrojí pákových nůžekřazeného podle důležitých kritérií





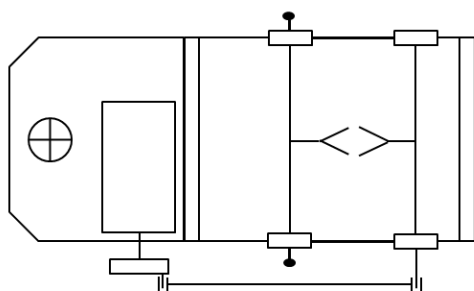


### 2.3.2. Rozdělení lineárních nůžek podle druhu pohonu

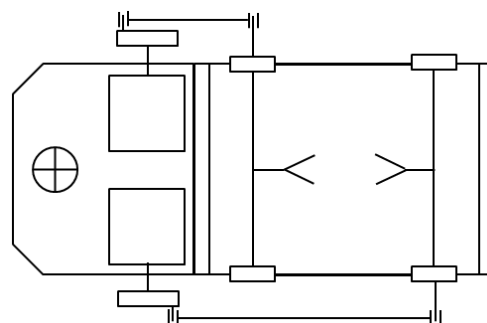
- Servomotor
  - Servomotor je motor (elektrický) s možností libovolného natočení osy. Servopohony usnadňují nejenom chod mechanismu, ale i variabilitu seřiditelnosti čepelí jdoucích proti sobě, [18].
- Elektromotor
  - Elektrický motor je zařízení, které převádí elektrickou energii na energii mechanickou. V tomto případě se energie rotačního pohybu převádí na energii přímočarou. Asynchronní motor (elektrický motor) pracující na principu střídavého proudu s vysokým počtem provozních hodin, vysokou účinností, ale i energetickou úsporou je vhodný pro toto využití, [19].

### 2.3.3. Rozdělení lineárních nůžek podle počtu servopohonů

- Lineární nůžky s jedním servopohonem (obr. 17)
  - Impulz síly pouze pro jeden střižný břit (propojení se servopohonem)
  - Druhý střižný břit je v klidové poloze
- Lineární nůžky se dvěma servopohony (obr. 18)
  - Impulz síly předáván do obou střižných břitů nezávisle na sobě
  - Každý ze střižných břitů obsahuje vlastní servopohon



Obr. 17: Lineární nůžky s jedním servopohonem



Obr. 18: Lineární nůžky se dvěma servopohony

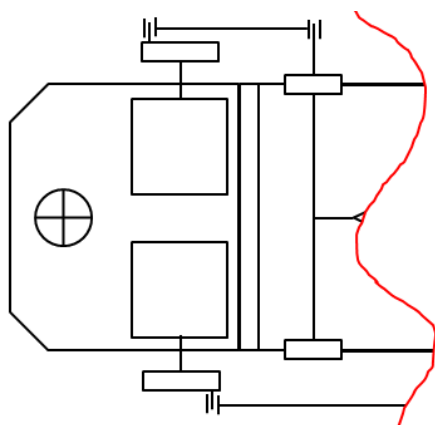
### 2.3.4. Rozdělení lineárních nůžek podle počtu elektropohonů

- Lineární nůžky s jedním elektropohonem
  - Impulz síly pouze pro jeden střižný břit (připojení k elektropohonu)
  - Druhý střižný břit je v klidové poloze
- Lineární nůžky se dvěma elektropohony
  - Impulz síly předáván do obou střižných břitů nezávisle na sobě
  - Každý ze střižných břitů obsahuje vlastní elektropohon

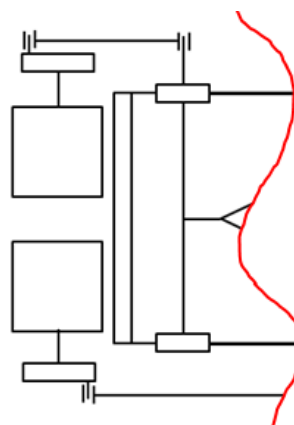
Ilustrativní obrázky 17, 18 demonstrující rozmístění servopohonů, se shodují s rozmístěním elektropohonů.

### 2.3.5. Možnosti řešení upevnění konstrukce lineárních nůžek

- Lineární nůžky s možností rotace (obr. 19)
  - K rotaci dochází v oblasti příruby
  - Možnost upevnění příruby na vodící sloup nebo na nosnou konstrukci vany
- Lineární nůžky s pevným uchycením (obr. 20)
  - Rám lineárních nůžek je nepohyblivý
  - Uchycení na nosné konstrukci vany nebo na odtokové hlavě určené pro lisovací stroj (feedru)



Obr. 19: Lineární nůžky s možností rotace

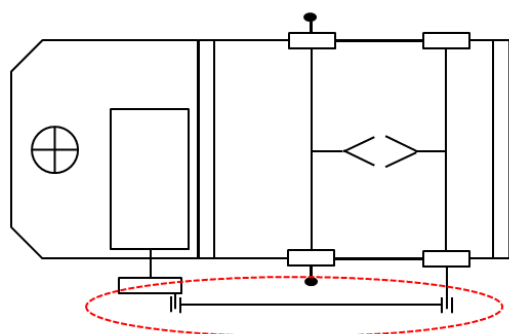


Obr. 20: Lineární nůžky s pevným uchycením

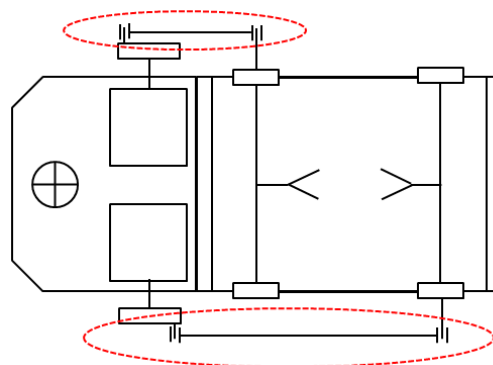
### 2.3.6. Transformace pohybu ovlivňující taktáž stříhu

Možnosti převodu pohybu mezi pohonem a mechanismem umožňující stříh dávky skloviny. Podrobnosti o popisu transformačních prvků a jejich funkci jsou popsány v patentech [20, 21].

- Elektronická jednotka
  - pomocí elektronických impulzů se celý mechanismus uvede do pohybu
- Pastorek s hřebenem
  - otáčivý pohyb pastorku se mění na přímočarý pohyb hřebenu, [20, 21, 22, 23].
- Pneumatický převod
  - Střížné zařízení je poháněno pneumatikou (vzduch, plyn)
- Vačka
  - převod rotačního pohybu vačky na přímočarý, umožňuje dvě výdrže v určité poloze
- Klikový mechanismus
  - přeměna rotačního pohybu na přímočarý vratný, [24].
- Šroubový převod
  - zařízení umožňující změnu otáčivého pohybu na přímočarý



Obr. 21: Lineární nůžky s jednou možností modifikace



Obr. 22: Lineární nůžky se dvěma možnostmi modifikace

--- označení oblasti, kterou lze upravit dle určitých požadavků podle výběru transformace pohybu

### 3 MODIFIKACE STŘIŽNÉHO MECHANISMU

Zachování stávajícího konstrukčního řešení střížného mechanismu

- Pohon pomocí pneumatického válce
  - Varianta 1: Změna geometrie břitu společně s novým materiálem
  - Varianta 2: Úprava dorazu
  - Varianta 3: Nové konstrukční řešení dorazu v podobě pneumatického válce

Nové konstrukční řešení střížného mechanismu

- Změna pohonu pro pákové nůžky
  - Varianta 4: Servopohon ovládající obě střížná ramena zároveň
  - Varianta 5: Servopohony ovládající střížná ramena nezávisle na sobě
- Změna pohonu pro lineární nůžky
  - Varianta 6: Servopohon ovládající obě střížná ramena zároveň
  - Varianta 7: Servopohony ovládající střížná ramena nezávisle na sobě
  - Varianta 8: Elektropohon ovládající obě střížná ramena zároveň

#### 3.1. Zachování stávajícího konstrukčního řešení střížného mechanismu

Úprava stávajícího zařízení zaměřena na určité úseky vykazující nežádoucí projevy (vibrace, nevhodné materiály, špatné seřízení).

- Zvýšení tuhosti vodícího sloupu
  - Upnutí vodícím sloupu střížného mechanismu ve více bodech
- Modifikace transformačního pohybového řetězce
  - Výměna spoluzabírajících ozubených kol (vymezení vůlí)
- Úprava geometrie břitu společně s volbou nového materiálu
- Odlehčení střížných ramen
  - Volba jiného materiálu, změna délky ramen
- Nové řešení dorazu
  - Změna dorazu v podobě „jiného přídatného zařízení“ se stejnou funkcí
  - Použití servopohonu pro vymezení pohybu čepelí
- Změna pohonu střížných čepelí
  - Servopohon pro pohyb obou ramen zároveň
  - Servopohony pro oddělený pohyb ramen (každé rameno má vlastní pohon)

Vzhledem k rozsáhlosti plánovaných úprav, zastaralému zařízení bez existující technické dokumentace (částečná dokumentace z 50. let), či nadměrné hlučnosti stávajícího střížného mechanismu, není rekonstrukce efektivním řešením.

## 3.1.1. Varianta 1: Změna geometrie břitu společně s novým materiálem

- Úprava geometrie stávajícího střižného břitu (úhel rozpětí koncových bodů břitu, tloušťka břitu, úhel stoupání střižné plochy)
- Volba jiného materiálu břitu
- Povlaková úprava břitu
- Střižná část břitu leštěná

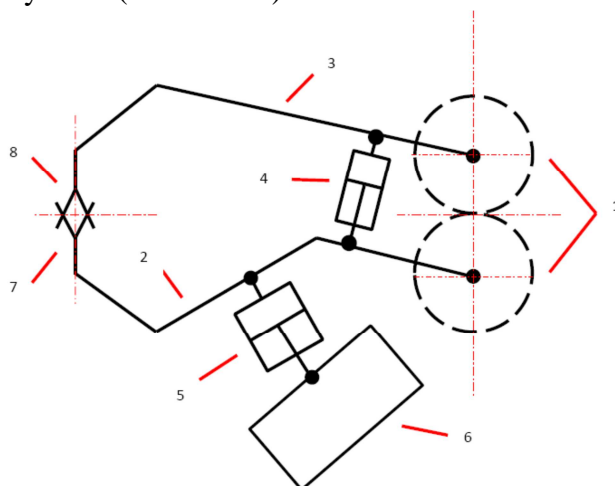
Jedná se o nejjednodušší a nejrychlejší řešení eliminace defektu (stopa stříhu) nacházející se na dávce skloviny. Vibrace a nežádoucí dynamické rázy jsou stále přítomné. Tato změna neřeší úpravy (plynulost, odstranění chvění, vymezení vůlí) střižného mechanismu jako celku.

## 3.1.2. Varianta 2: Úprava dorazu

- Volba jiného materiálu dorazu (kompozity na bázi pryže, plastu či jiných materiálů) splňující náročné podmínky v tomto provozu.

## 3.1.3. Varianta 3: Nové konstrukční řešení dorazu v podobě pneumatického válce

- Snížení nežádoucího chvění působící na celou konstrukci střižného zařízení
- Snadné seřízení dorazu
- Jednoduchá výměna (modifikace) dorazu



Obr. 23: Mechanismu s přidavným pneumatickým válcem

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| 1 Ozubená spoluzabírající kola      | 5 Pneumatický válec udílející pohyb střižnému rameni |
| 2 Levé rameno střižného mechanismu  | 6 Vzduchový zásobník                                 |
| 3 Pravé rameno střižného mechanismu | 7 Levý střižný břit                                  |
| 4 Pneumatický válec s funkcí dorazu | 8 Pravý střižný břit                                 |

Jelikož výrobní sortiment podniku je rozsáhlý, volíme flexibilnější nastavitelnost střižného mechanismu nůžek v podobě elektropohonu.

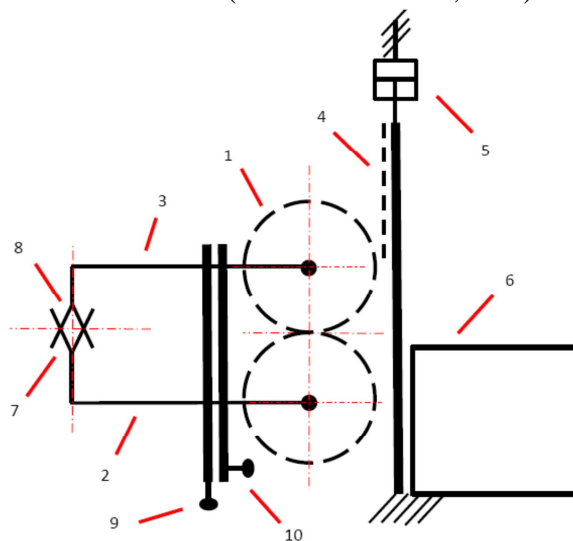
### 3.2. Nové konstrukční řešení střížného mechanismu

- Změna pohonu pro pákové nůžky
  - Servopohon ovládající obě střížná ramena zároveň
  - Servopohony ovládající střížná ramena nezávisle na sobě
- Změna pohonu pro lineární nůžky
  - Servopohon ovládající obě střížná ramena zároveň
  - Servopohony ovládající střížná ramena nezávisle na sobě
  - Elektropohon ovládající obě střížná ramena zároveň

#### 3.2.1. Změna pohonu pro pákové nůžky

##### 3.2.1.1. Varianta 4: Servopohon ovládající obě střížná ramena zároveň

- Nezávislost chodu střížného mechanismu vůči dávkovacímu zařízení
- Regulace polohy mechanismu vzhledem k dávkovací hlavě
- Menší zástavba celého zařízení oproti stávajícímu zařízení
- Servopohon ovládající obě střížná ramena zároveň (vazba střížných ramen)
- Jednoduchá nastavitelnost (úhel sevření, polohy čepelí, rychlost stříhu)
- Shodný rychlostní průběh při sevření i otevření ramen
- Plynulý chodu celého zařízení (snížení hlučnosti, rázů)

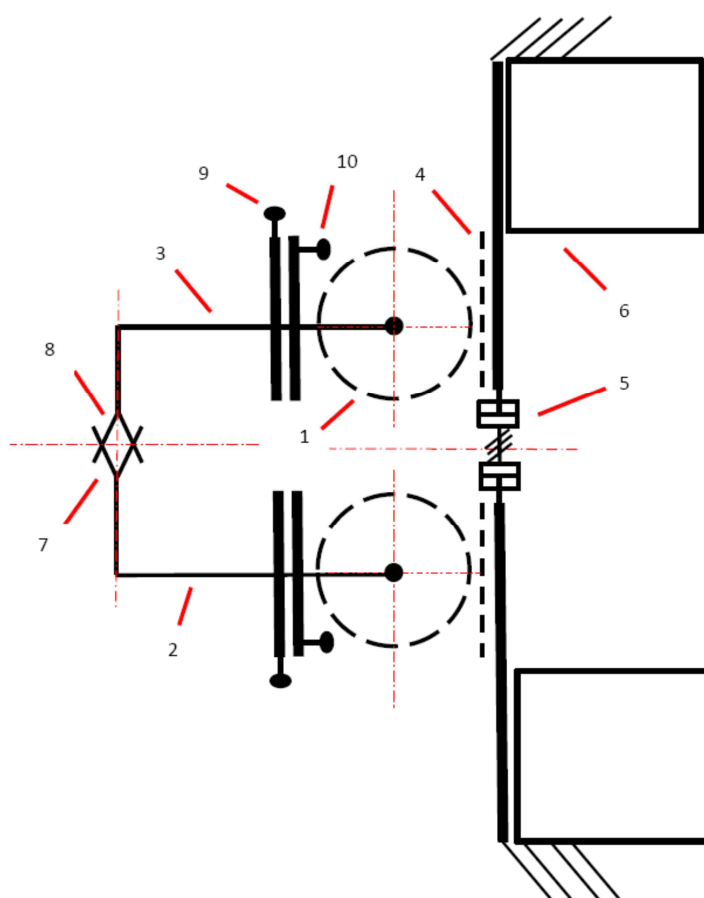


Obr. 24: Pákový mechanismus ovládaný jedním servopohonem

- |   |                                   |    |  |
|---|-----------------------------------|----|--|
| 1 | Ozubená spoluzabírající kola      | 6  | Servopohon   |
| 2 | Levé rameno střížného mechanismu  | 7  | Levý střížný břit                                  |
| 3 | Pravé rameno střížného mechanismu | 8  | Pravý střížný břit                                 |
| 4 | Ozubný hřeben                     | 9  | Stavitelný šroub určený pro seřízení rozpětí ramen |
| 5 | Tlumič                            | 10 | Stavitelný šroub pro seřízení dorazu               |

## 3.2.1.2. Varianta 5: Servopohony ovládající střížná ramena nezávisle na sobě

- Nezávislost chodu střížného mechanismu vůči dávkovacímu zařízení
- Regulace polohy mechanismu vzhledem k dávkovací hlavě
- Menší zástavba celého zařízení oproti stávajícímu zařízení
- Dva servopohony (nezávislé ovládání střížných ramen - pro každé rameno zvlášť)
- Jednoduchá nastavitelnost obou servopohonu (úhel sevření, polohy čepelí, rychlost stříhu, přestřih)
- Volně nastavitelné rychlosti sevření i otevření ramen (každé rameno zvlášť)
- Plynulý chodu celého zařízení (snížení hlučnosti, rázů)



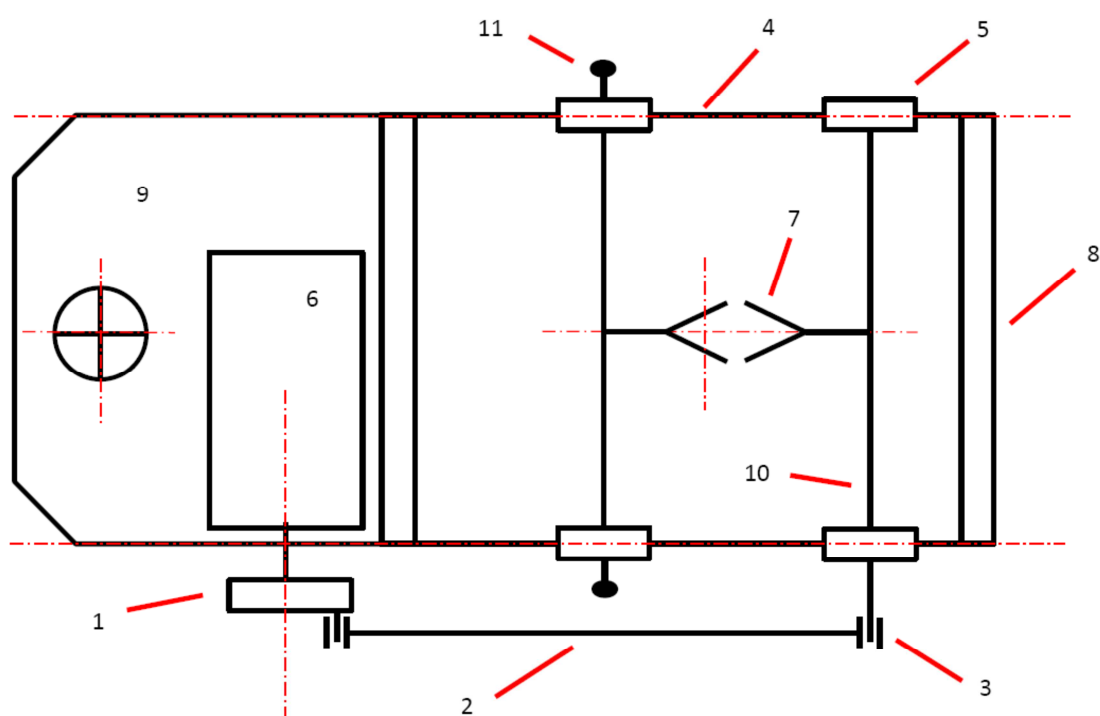
Obr. 25: Pákový mechanismus ovládaný dvěma servopohony

- |   |                                   |    |  |
|---|-----------------------------------|----|--|
| 1 | Ozubená spoluzabírající kola      | 6  | Servopohon   |
| 2 | Levé rameno střížného mechanismu  | 7  | Levý střížný břit                                  |
| 3 | Pravé rameno střížného mechanismu | 8  | Pravý střížný břit                                 |
| 4 | Ozubený hřeben                    | 9  | Stavitelný šroub určený pro seřízení rozpětí ramen |
| 5 | Tlumič                            | 10 | Stavitelný šroub pro seřízení dorazu               |

### 3.2.2. Změna pohonu pro lineární nůžky

#### 3.2.2.1. Varianta 6: Servopohon ovládající obě střížná ramena zároveň

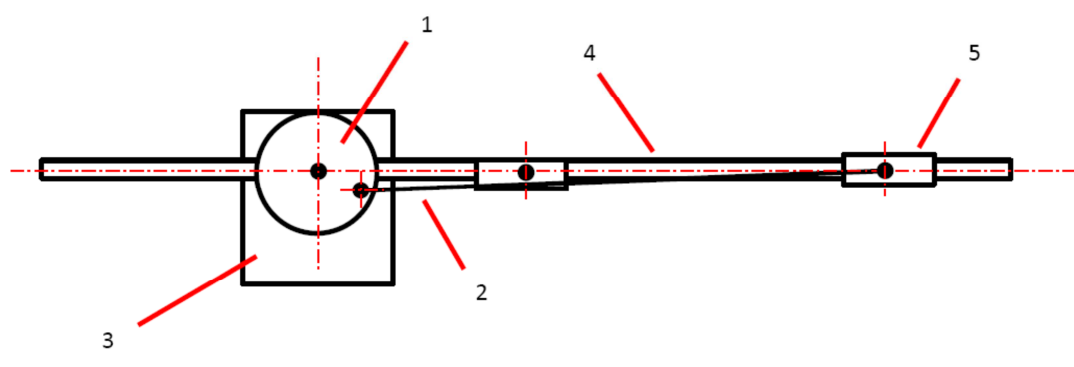
- Nezávislost chodu střížného mechanismu vůči dávkovacímu zařízení
- Regulace polohy mechanismu vzhledem k dávkovací hlavě
- Menší zástavba celého zařízení oproti stávajícímu zařízení
- Servopohon ovládající obě střížná ramena zároveň (vazba střížných ramen)
- Jednoduchá nastavitelnost lineárního pojezdu (polohy čepelí, rychlost stříhu)
- Shodný rychlostní průběh při sevření i otevření ramen
- Plynulý chodu celého zařízení (snížení hlučnosti, rázů)



Obr. 26: Lineární nůžky ovládané jedním servopohonom

- |   |                            |    |               |
|---|----------------------------|----|---------------|
| 1 | Vačka                      | 6  | Servopohon    |
| 2 | Táhlo                      | 7  | Střížné břity |
| 3 | Kloubové uchycení          | 8  | Rám           |
| 4 | Lineární vedení            | 9  | Příruba       |
| 5 | Lineární ložisko v pouzdře | 10 | Příčník       |

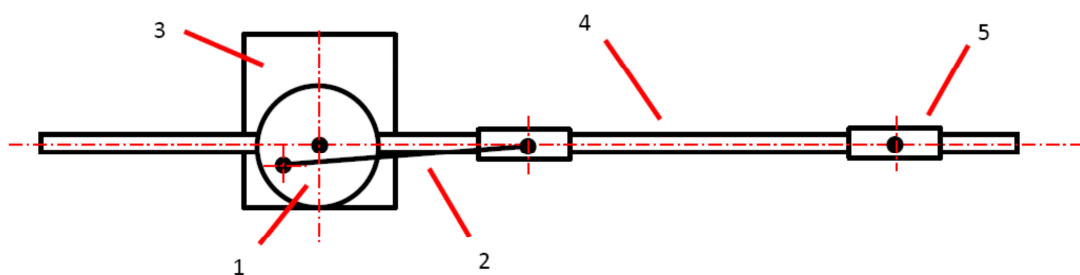




Obr. 27: Lineární nůžky ovládané dvěma servopohony, pohled z pravého boku

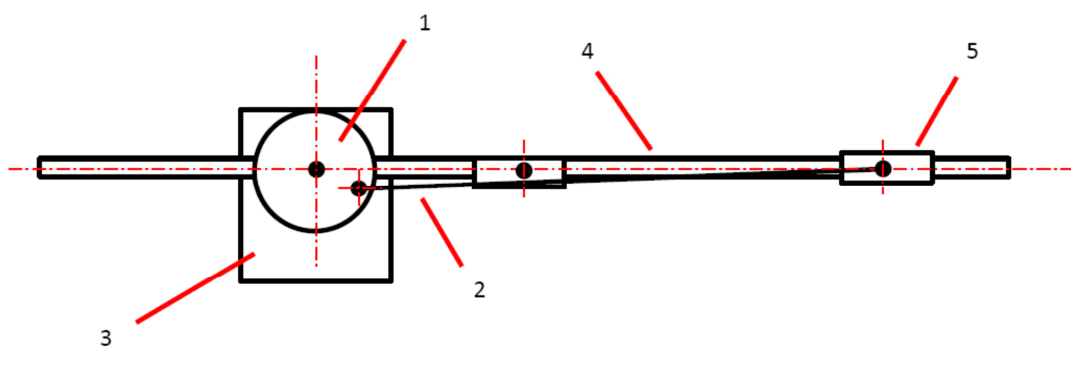
- |   |            |   |                            |
|---|------------|---|----------------------------|
| 1 | Vačka      | 4 | Lineární vedení            |
| 2 | Táhlo      | 5 | Lineární ložisko v pouzdře |
| 3 | Servopohon |   |                            |





Obr. 29: Lineární nůžky ovládané dvěma servopohony pohled z levého boku

- |   |            |   |                            |
|---|------------|---|----------------------------|
| 1 | Vačka      | 4 | Lineární vedení            |
| 2 | Táhlo      | 5 | Lineární ložisko v pouzdře |
| 3 | Servopohon |   |                            |

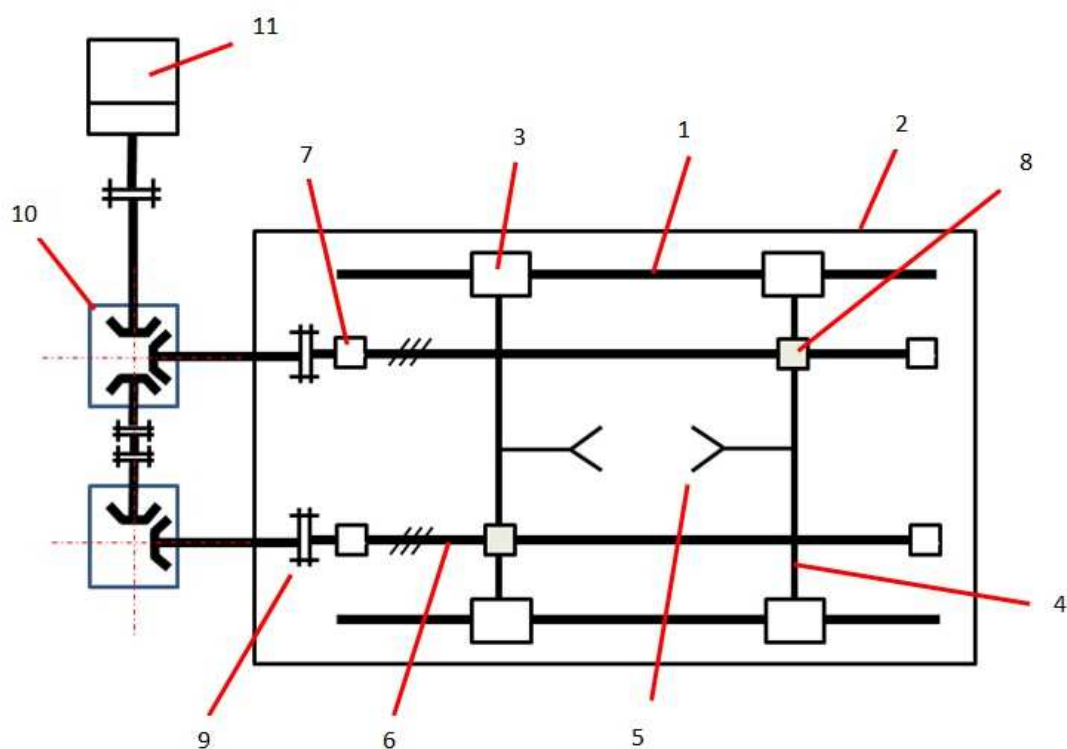


Obr. 30: Lineární nůžky ovládané dvěma servopohony, pohled z pravého boku

- |   |            |   |                            |
|---|------------|---|----------------------------|
| 1 | Vačka      | 4 | Lineární vedení            |
| 2 | Táhlo      | 5 | Lineární ložisko v pouzdře |
| 3 | Servopohon |   |                            |

## 3.2.2.3. Varianta 8: Ovládání obou střížných ramen zároveň pomocí elektrického pohonu

- Nezávislost chodu střížného mechanismu vůči dávkovacímu zařízení
- Regulace polohy mechanismu vzhledem k dávkovací hlavě
- Menší zástavba celého zařízení oproti stávajícímu zařízení
- Elektropohon ovládající obě střížná ramena zároveň (vazba střížných ramen)
- Jednoduchá nastavitelnost lineárního pojezdu (polohy čepelí, rychlost stříhu)
- Shodný rychlostní průběh při sevření i otevření ramen
- Plynulý chodu celého zařízení (snížení hlučnosti, rázů)



Obr. 31: Lineární nůžky ovládané jedním elektropohonem

- |   |                          |    |                                     |
|---|--------------------------|----|-------------------------------------|
| 1 | Vodící lišta             | 7  | Pevný domek s ložiskem              |
| 2 | Základní deska           | 8  | Pohyblivý domek s ložiskem a matkou |
| 3 | Vozíky                   | 9  | Spojka                              |
| 4 | Základní deska pro čepel | 10 | Převodovka                          |
| 5 | Střížné čepel            | 11 | Motor                               |
| 6 | Kuličkový šroub          |    |                                     |

#### 4 SROVNÁVACÍ KRITÉRIUM

Srovnávací kritéria jsou vztažena k výběru střížného mechanismu (pákové nůžky, lineární nůžky). Volba mechanismu je spjata s podmínkami určených podnikem Crystalex CZ. Kritéria obou mechanismů (stávající pákový a navrhovaný lineární) jsou obsažena v tabulce 6 s procentuálním vyhodnocením.

- Pořadí významnosti
  - udává hodnotu důležitosti kritéria (1 – nejvýznamnější, 5 – nevýznamné)
- Váha
  - velikost násobku, která je dána počtem kritérií a pořadím (6 – nejvyšší hodnota násobku vztahující se k prvnímu kritériu v pořadí)
- Hodnota X prostá
  - určuje maximální % kritéria
- Hodnota X vážená
  - je součin váhy s prostou hodnotou X
- Pákové nůžky s prostou hodnotou
  - určují reálné % plnění kritéria
- Pákové nůžky s váženou hodnotou
  - je součin váhy s prostou hodnotou pákových nůžek
- Lineární nůžky s prostou hodnotou
  - určují reálné % plnění kritéria
- Lineární nůžky s váženou hodnotou
  - je součin váhy s prostou hodnotou lineárních nůžek

Tabulka 6: Hodnocení důležitých kritérií v závislosti na druhu střížného mechanismu

Poř.	Název kritéria	Pořadí význam.	Váha	Hodnota X		Pákové nůžky		Linární nůžky	
				prostá	vážená	prostá	vážená	prostá	vážená
1	Dynamické rázy	1	6	100	600	10	60	95	570
2	Variabilita velikosti dávký skloviny	2	5	100	500	60	300	100	500
3	Rychlost stříhu	3	4	100	400	80	320	95	380
4	Seřízení mechanismu (rychlost, poloha)	4	3	100	300	30	90	100	300
5	Zástavbový prostor	5	2	100	200	30	60	95	190
6	Kolizní stav / bezpečnost	6	1	100	100	10	10	100	100
<b>Celkem</b>				2100		840		2040	
<b>Užitnost v relativním vyjádření</b>				100%		40%		97%	
<b>Pořadí alternativ podle užitnosti</b>						<b>2</b>		<b>1</b>	

Z hodnocení kritérií v tab. 6 je patrné, že stávající mechanismus ve zmíněném podniku nesplňuje ani 50% podíl účinnosti vybraných aspektů. Lineární mechanismus sestavený v této práci splňuje požadovaná kritéria až na 97%.

Informace poskytnuty v tab. 6 potvrzují volbu nového střížného zařízení v podobě lineárních nůžek jako nejvhodnější a nejefektivnější.

## 5 REALIZACE

Vzhledem k omezenému prostoru kolem feedru, požadavkům na rychlost a spolehlivost zařízení se záměrem zkvalitněním jakosti výroby, byla zvolena varianta 8. Výběr dalších komponentů pro sestavení celého mechanismu je rozebráno níže.

Varianta 8: Ovládání obou střížných ramen zároveň pomocí elektrického pohonu

- Nezávislost chodu střížného mechanismu vůči dávkovacímu zařízení
- Regulace polohy mechanismu vzhledem k dávkovací hlavě
- Menší zástavba celého zařízení oproti stávajícímu zařízení
- Elektropohon ovládající obě střížná ramena zároveň (vazba střížných ramen)
- Jednoduchá nastavitelnost lineárního pojezdu (polohy čepelí, rychlost stříhu)
- Shodný rychlostní průběh při sevření i otevření ramen
- Plynulý chod celého zařízení (snížení hlučnosti, rázů)

### 5.1.1. Výběr specifických segmentů pro sestavení lineárních nůžek

- Pevné uložení na základní desce
- Transformace pohonu pomocí kuličkový šroubu
- Polohovací zařízení bříty
- Elektropohon
- Mechanický doraz

### 5.1.2. Výpočtová část

Pro volbu specifických segmentů je nutné provést výpočtové rovnice vzhledem k jejich náročnému umístění (teplotní zatížení, nečistoty), či splnění daných požadavků (rychlost stříhu, plynulost pohybu). Hodnoty (tab. 7) byly poskytnuty podnikem Crystalex CZ.

Vzhledem k nedostatečné dokumentaci a zajištění bezpečného provozu, volím některé hodnoty vyšší (tab. 8).

Tabulka 7: Hodnoty poskytnuty podnikem

<b>Taktáž lisovacího mechanismu [ks/min]</b>	20 -25	<b>Teplota na feedru [°C]</b>	112
<b>Vzdálenost mezi čepelemi [mm]</b>	160	<b>Teplota 500 mm od feedru [°C]</b>	53
<b>Vzdálenost čepele od bodu přestříhu [mm]</b>	80	<b>Teplota nůžek [°C]</b>	218
<b>Tlak pro sevření [kPa]</b>	400	<b>Teplota na výtoku [°C]</b>	1093
<b>Průměr pístu [mm]</b>	149,5	<b>Rychlokamera [fps]</b>	600

Tabulka 8: Předimenzované hodnoty

<b>Taktáž lisovacího mechanismu [ks/min]</b>	25
<b>Vzdálenost mezi čepelimi [mm]</b>	220
<b>Vzdálenost čepele od bodu přestřihu [mm]</b>	110

Síla  $F$  působící na pneumatický píst pro sevření pákových nůžek

$$F = p * S = p * \Pi \frac{d^2}{4} = 400 * 10^3 * \Pi \frac{149,5^2 * 10^{-3}}{4} = \underline{\underline{7021,538 N}}$$

Doba stříhu jedné kapky  $t_{1ks}$  na pákových nůžkách

$D_{celk}$  – celkový počet dávek [ks]

$t_{celk}$  – celkový čas [s]

$$t_{1ks} = \frac{t_{celk}}{D_{celk}} = \frac{60}{25} = \underline{\underline{2,4 s}}$$

Doba záběru jedné čepele  $t_{1č}$  na pákových nůžkách

$$t_{1č} = \frac{1 ks}{2} = \frac{2,4}{2} = \underline{\underline{1,2 s}}$$

Rychlost stříhu jedné čepele pro lineární nůžky

$V_{1č}$  – rychlost stříhu jedné čepele [mm/s]

$s_{1č}$  – dráha pohybu jedné čepele [mm]

$t_{1č}$  – čas pohybu [s]

$$v_{1č} = \frac{s_{1č}}{t_{1č}} = \frac{110}{1,2} = \underline{\underline{92 mm / s}}$$



Stoupání kuličkového šroubu 5 mm  $\text{ot}^{-1}$

$b$  – stoupání šroubu [mm]

$V_{1\dot{c}}$  – rychlost stříhu jedné čepele [mm/s]

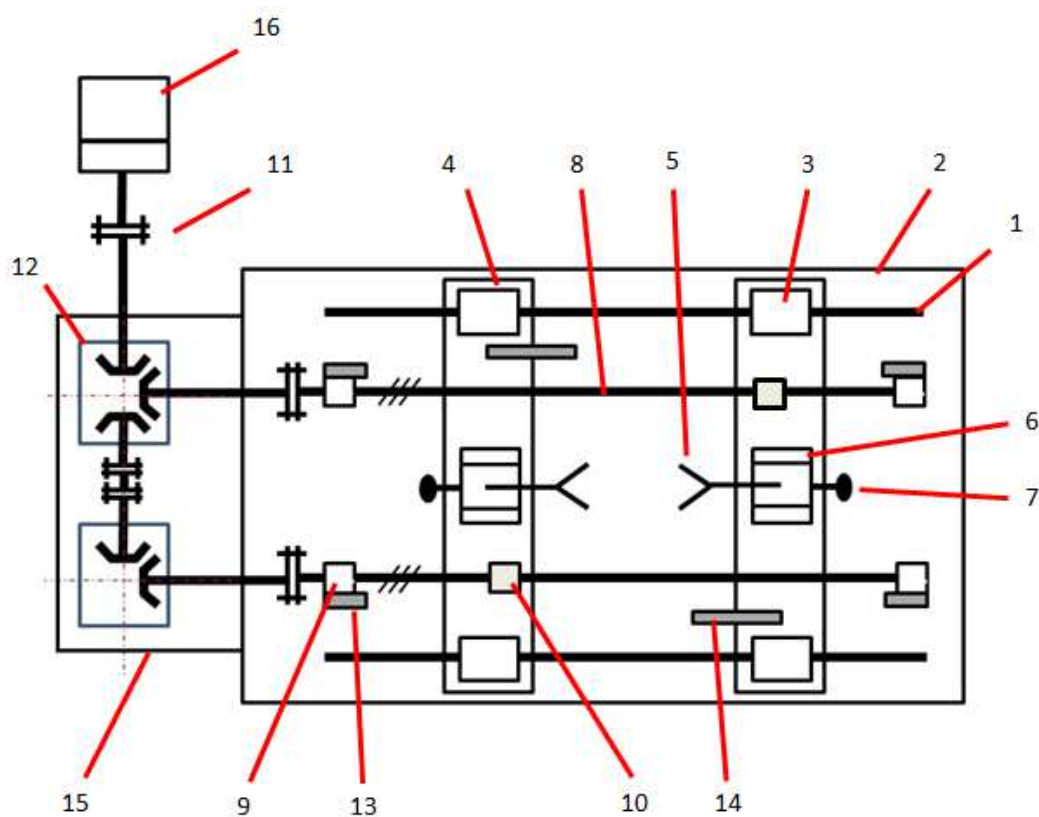
pro jednu čepel

$$\frac{v_{1\dot{c}}}{b} = \frac{92}{5} = 18,4 \text{ ot} * \text{s}^{-1}$$

pro obě čepele

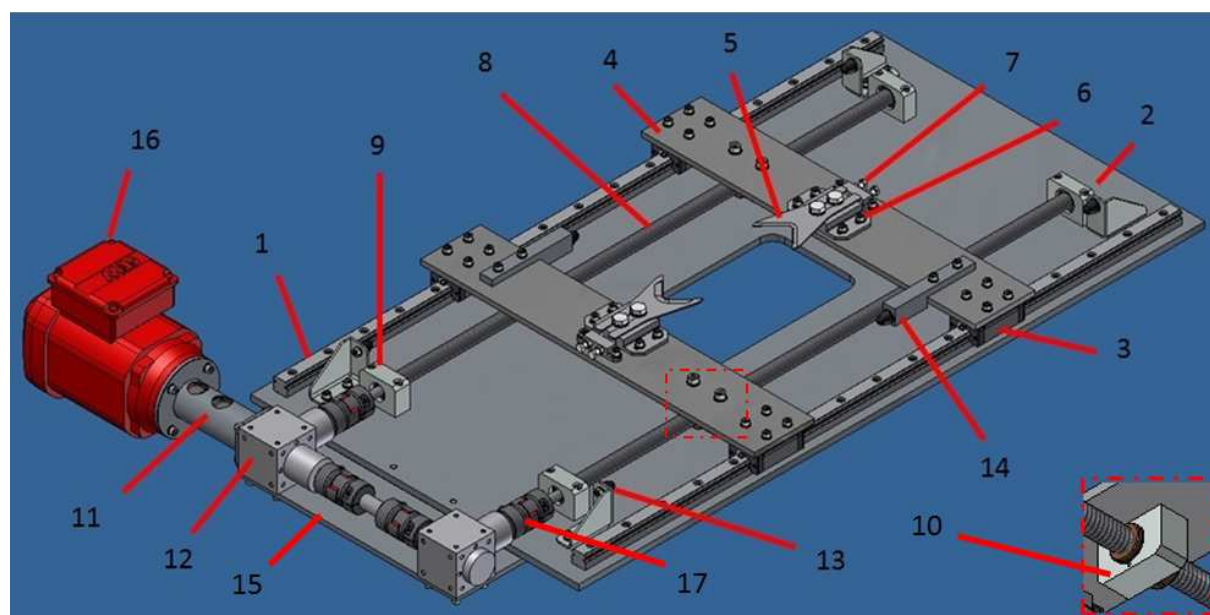
$$\frac{v_{1\dot{c}}}{b} = \frac{2 * 92}{5} = 36,8 \text{ ot} * \text{s}^{-1}$$

## 5.2. Kinematické schéma nového lineárního mechanismu



Obr. 32: Nový lineární mechanismus

- |   |                               |    |                                     |
|---|-------------------------------|----|-------------------------------------|
| 1 | Vodící lišta                  | 10 | Pohyblivý domek s ložiskem a matkou |
| 2 | Základní deska                | 11 | Spojka                              |
| 3 | Vozíky                        | 12 | Převodovka                          |
| 4 | Základní deska pro čepele     | 13 | Koncový doraz                       |
| 5 | Střížné čepele                | 14 | Mechanický doraz                    |
| 6 | Držák čepelí                  | 15 | Příruba pro motor                   |
| 7 | Polohovací mechanismus čepelí | 16 | Motor                               |
| 8 | Kuličkový šroub               |    |                                     |
| 9 | Pevný domek s ložiskem        |    |                                     |



Obr. 33: Nový lineární mechanismus v provedení 3D

- |   |                               |    |   |
|---|-------------------------------|----|---|
| 1 | Vodící lišta                  | 10 | Detail, pohyblivý domek s ložiskem a matkou |
| 2 | Základní deska                | 11 | Příruba                                     |
| 3 | Vozíky                        | 12 | Převodovka                                  |
| 4 | Základní deska pro čepele     | 13 | Koncový doraz                               |
| 5 | Střížné čepele                | 14 | Mechanický doraz                            |
| 6 | Držák čepelí                  | 15 | Příruba pro motor                           |
| 7 | Polohovací mechanismus čepelí | 16 | Motor                                       |
| 8 | Kuličkový šroub               | 17 | Spojka                                      |
| 9 | Pevný domek s ložiskem        |    |   |

## 6 TECHNICKO - EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Cenové vyhodnocení materiálů i dílů bylo zjištěno prostřednictvím katalogů firem a internetových portálů [25 – 32]. Tyto ceny je však nutné brát orientačně vzhledem k možným slevám např. v závislosti dlouhodobé spolupráce s dodavateli.

Absence informací ohledně materiálového složení i prodejní částky střížných čepelí značky Turmond byla jejich cena stanovena 20 000 Kč na základě konzultace s pracovníky Crystalex.

### 6.1. Cenové ohodnocení součástí vyskytujících se v lineárním mechanismu

Částky komponentů objevujících se v obr. 34 a obr. 35 jsou uvedeny bez DPH. Podrobnosti o některých výrobcích jsou poznamenány v tab. 9.

Celkové náklady vynaložené na koupi komponentů ..... 96 208,3 Kč

ODK.	OZNAČENÍ VÝKRES	POLOTOVAR MATERIÁL	TYP SOUČÁSTI POZNÁMKA	MN. JED.	CENA [Kč]
1	VODÍČI_LIŠTA	L1H251000	L1H_25_2096_Z	2 KS	7130
2	ZÁKLADNÍ_DESKA	P10X550X1050 11,373	ČSN_42_5310	1 KS	14490
3	RAMENO_NŮŽEK	1-BP_SD9000772-D2		2 KS	32854,5
4	ŠROUB_S VÁLCOVOU_HLAVOU	37250945	DIN_912_M6X22_A2 VNITŘNÍ_ŠESTIHRAN	34 KS	8,5
5	PEVNÝ_DOMEK	37358999		2 KS	287,5
6	ŠROUB_S VÁLCOVOU_HLAVOU	52322607	DIN_912_M6X40_A2 VNITŘNÍ_ŠESTIHRAN	8 KS	230,2
7	MATKA	37374334		2 KS	1046,5
8	KULIČKOVÉ_LOŽISKO JEDNOŘADÉ_UTĚSNĚNÉ	37226997	DIN_625_SKF- -SKF_6201-2RS1	4 KS	57,5
9	KULIČKOVÝ_ŠROUB	37311634		2 KS	1150.
10	MATICE_V_DOMKU_BK	37260255		2 KS	264,5
11	POJISTNÝ_KROUŽEK	52355012	DIN_471-12X1	4 KS	4,6
12	SPOJKA	ROTEX_GS19-D12		5 KS	1150
13	PŘEVODOVKA BEVEL_GEARBOX_TYPE_DX	BG12_DX_1:1_10_0		1 KS	9200
14	PŘEVODOVKA BEVEL_GEARBOX_FROM_AS	BG12_AS_1:1_10_0		1 KS	9200
15	HŘÍDEL	Ø25h11-40 12_D50	ČSN_42_6510	1 KS	575
16	PŘÍRUBA_PRO_MOTOR	P10X360X140 11,373	ČSN_42_5310	1 KS	1035
17	PODLOŽKA	52344370	DIN_125_A6,4_A2	28 KS	2,3
18	ŠROUB_S VÁLCOVOU_HLAVOU	37331063	DIN_912-M6X14-A2 VNITŘNÍ_ŠESTIHRAN	16 KS	2,3
19	PODLOŽKA	52344371	DIN_125-A6,4-A2	4 KS	2,3
20	ŠROUB_S VÁLCOVOU_HLAVOU	52322611	DIN_912-M8X20_A2	4 KS	4
21	MOTOR	SEW_DRS71M2	SEW_DRS71M2	1 KS	14950
22	PŘÍRUBA	SVAŘENEC 11_523		1 KS	1150
23	ŠROUB_S VÁLCOVOU_HLAVOU	52322602	DIN_912-M6X16-A2 VNITŘNÍ_ŠESTIHRAN	8 KS	2,3
24	DORAZ			2 KS	690
25	NÁRAZNIK	37226061	76.16	4 KS	28,5
26	MATICE_ŠESTIHRANNÁ	52330592	DIN_934-M6-A2	4 KS	2,3
27	DRŽÁK_DORAZU_MIR			2 KS	690

Obr. 34: Kusovník lineárního mechanismu

ODK.	OZNAČENÍ	POLOTOVAR MATERIÁL	TYP SOUČÁSTI POZNÁMKA	MN. JED.	CENA [Kč]
1	ZÁKLADNÍ_DESKA	P8X100X560	ČSN_42_53_10	1	1380
	PRO_ČEPELE	11,373		KS	
2	VOZÍK	LAH25ANF	ZULIEFERMARKT	2	1725
				KS	
3	MATICE_V_DOMKU_BF	37358986		1	257,5
				KS	
4	MATICE_VELKÁ	37329571		1	575
				KS	
5	DRŽÁK_ČEPELÍ	P5X60X100	ČSN_42_53_10	1	1150
		11,373		KS	
6	ČEPELE_TURMOND			1	10000
				KS	
7	PODLOŽKA	52344370	DIN_125-A6,4-A2	16	2,3
				KS	
8	ŠROUB_SE	POLOTOVAR	ČSN_02_1101	10	2,3
	ŠESTIHRANNOU_HLAVOU			KS	
9	PODLOŽKA	52344371	DIN_125-A8,4-A2	2	2,3
				KS	
10	ŠROUB_S	52322612	DIN_912-M8X25_A2	2	4,6
	VÁLCOVOU_HLAVOU		VNITŘNÍ_ŠESTIHRAN	KS	
11	ŠROUB_S	52322602	DIN_912-M6X16-A2	4	4,6
	VÁLCOVOU_HLAVOU		VNITŘNÍ_ŠESTIHRAN	KS	
12	PODLOŽKA	52344372	DIN_125-A10,5-A2	2	2,3
				KS	
13	ŠROUB_SE	52322532	DIN_933-M10X16-A2	2	4,6
	ŠESTIHRANNOU_HLAVOU			KS	
14	STAVITELNÝ_PŘÍPRAVEK			1	690
		12_060		KS	
15	ŠROUB_S	37331063	DIN_912-M6X14-A2	2	4,6
	VÁLCOVOU_HLAVOU		VNITŘNÍ_ŠESTIHRAN	KS	
16	MATICE_ŠESTIHRANÁ	52330592	DIN_934-M6-A2	2	2,3
				KS	
17	DORAZ		ČSN_42_6522	1	575
		11_373		KS	
18	ŠROUB_S	52322603	DIN_912-M6X20-A2	2	4,6
	VÁLCOVOU_HLAVOU		VNITŘNÍ_ŠESTIHRAN	KS	
19	NÁRAZNIK	37226061	76.16	1	40,25
				KS	

Obr. 35: Kusovník ramene nůžek

Tabulka 9: Součásti nového lineárního mechanismu

Název součásti	Poznámka	Dodavatel, výrobce	Název součásti	Poznámka	Dodavatel, výrobce
Elektromotor	SEW DRS 71M2	SEW Eurodrive	Čepele	Kompozit na bázi wolframu	Turmonc
Převodovka	BG12AS BG12DX	Tea Technik	Polohovací mechanismus	Žárově zinkovaná ocel, galvanicky zinkovaná ocel	TechnicniCoat
Vozíky	LAH25ANF	Zuliefermarkt	Základní deska	Žárově zinkovaná ocel	TechnicniCoat
Kuličkový šroub	Povrchová úprava	Tea Technik	Příruba	Žárově zinkovaná ocel	TechnicniCoat
Lineární vodící lišty	L1H25100	NSK	Podložky	Různé provedení	Heuréka WB parts

Matice v domku	BK, BF	NSK	Šrouby	Různá provedení	WB parts
-------------------	--------	-----	--------	--------------------	----------

#### 6.2. Náklady určené pro montáž lineárního mechanismu

Náklady vztahující se k montáži mechanismu, včetně školení zaměstnanců v podniku Crystalex CZ jsou stanoveny odhadem na 50 000 Kč (částka zahrnuje plat montážních pracovníků i s dopravou, přeprava celého zařízení).

#### 6.3. Výpočet celkového nákladu pro vybraný střížný mechanismus

Celkové finanční ohodnocení (pořizovací cena, náklady režie, náklady montážní) věnované pořízení lineárního střížného mechanismu pro podnik Crystalex CZ odpovídá částce 190 070,80 Kč.

Cena komponentů	.....	96 208,3 Kč
Cena montážní	.....	50 000 Kč
Režie (30%)	.....	43862,49 Kč

---

**Celková cena**

**190 070,80 Kč**

#### 6.4. Ekonomický přínos nového střížného mechanismu

- Zmetkovitost výroby
  - Snížení procenta odpadového materiálu vzhledem k eliminaci stopy stříhu o 30 % (uvádím předpoklad).
- Prostoje
  - Díky snadné montáži / demontáži, seřízení celého mechanismu odpadají zbytečné prostoje, které omezovali plynulost chodu výroby.
- Poruchovost mechanismu
  - Vzhledem k novému zařízení se poruchovost neočekává. Pokud by se vyskytly problémy je mechanismus volen tak, aby výměna součástí byla snadno dostupná.
- Bezpečnost pracovníků
  - Oproti dosavadnímu mechanismu (stávající pákový mechanismus v podniku Crystalex CZ) se bezpečnost na pracovišti zvyšuje vzhledem ke snadnému přístupu k lineárnímu mechanismu.
- Kolizní bezpečnost
  - Mechanické dorazy zajišťující ochranu celého mechanismu před kolizí (kamínky, nesprávné natočení čepelí apod.). Pokud by došlo k tak závažnému problému, poškození součástí by mělo být minimální.
- Energetické náklady
  - Snížením procenta zmetkovitosti se zvyšuje produktivita výroby.

- Jakost výrobků
  - Možnost výroby s vyšší hodnotou jakosti podporuje cenový růst výrobků i prestiže podniku.

#### 6.5. Technický přínos nového mechanismu

- Montáž / demontáž
  - Snadná manipulace s mechanismem (výměna, čištění), přístupnost ke všem částem mechanismu.
- Seřiditelnost rychlostí při stříhu
  - Seřízení rychlostí pomocí regulovaných otáček, střížná rychlost lineárních nožů je srovnatelná s rychlostmi nůžek pákových.
- Seřiditelnost břitů
  - Seřiditelnost, polohovatelnost střížných čepelí je daleko přesnější a rychlejší než u břitů pákových.
- Variabilita stříhu závislá na velikosti dávky skloviny
  - Vzhledem k vysoké variabilitě rozpětí střížných břitů je toto řešení univerzální.
- Symetrie stříhu
  - Lineární nůžky mají symetrii stříhu daleko vyšší než nůžky pákové.
- Zmenšení zástavbového prostoru
  - Vybrané řešení lineárního mechanismu bude umístěno na konstrukci feedru, tzn. že prostor pro manipulaci nebo pro přístup strojníků bude snazší.
- Bezpečnosti / kolizní stav
  - Stávající pákový mechanismus neobsahoval bezpečnostní / kolizní řešení. Nové řešení tento stav zajišťuje pomocí mechanických dorazů, aby nedošlo k porušení střížných ramen.

#### 6.6. Celkové zhodnocení nového řešení

Volba nového zařízení vede zejména ke snížení procenta zmetkovitosti (eliminace nežádoucích dynamických rázů způsobujících vady na dávce skloviny) ve výrobě, díky dostatečnému ukotvení ke konstrukci feedru. Komponenty použité v lineárním mechanismu mají nižší hodnotu opotřebení než u mechanismu pákového a zároveň vyšší variabilitu výměny. Výrobní prostoje vyhrazené pro seřízení střížných čepelí (natočení, naklápění, stanovení rychlosti) jsou zde minimalizovány. Kolizní bezpečnost mechanismu je v tomto případě vyřešena mechanickým dorazem umístěným na obou ramenech lineáru (u pákových nůžek toto řešení nebylo).

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout řešení pro eliminaci vad vyskytujících se na dávce skloviny. Vzhledem k zastaralému zařízení a nedostatečné výkresové dokumentaci stávajícího pákového mechanismu v podniku Crystalex CZ bylo nutné tento problém řešit zcela novým konstrukčním zařízením.

V úvodní části práce bylo provedeno cílené monitorování vad vznikajících na dávce skloviny (vzhled defektu, příčiny vzniku), které byly způsobeny stávajícím střížným mechanismem. Kompletní rozbor pákového zařízení (filmové záznamy, fotografie, nákresy) vykazoval značné nedostatky i přes možné úpravy na konstrukci (změna pohonu, výměna komponentů). Nežádoucí jevy projevující se na pákových nůžkách byly vodítkem k realizaci zcela nového konstrukčního řešení v podobě lineárních nůžek. Srovnávací kritérium objevující se jako samostatná kapitola (Srovnávací kritérium), potvrzuje realizaci nového střížného mechanismu v podobě lineárních nůžek jako vyhovující. Z řady možných modifikací lineárního mechanismu byla jako nejvhodnější vybrána Varianta 8: „Ovládání obou střížných ramen zároveň pomocí elektrického pohonu“, které je proto věnován podrobný rozbor, včetně výkresové dokumentace. Kapitola 6 zaměřená na technologicko – ekonomické téma je zhodnocením veškerých nákladů vynaložených pro realizaci (instalaci) lineárního mechanismu do podniku Crystalex CZ.

Uvedením lineárního střížného zařízení do výroby se předpokládá snížení zmetkovitosti, zvýšení kvality výrobku i výroby jako takové. Prostoje věnované přestavbám či úpravám střížného mechanismu se sníží na minimum. Bezpečnost strojníků (úprava mechanismu mimo kritické území výtoku, tj. mimo lisový stroj) společně s kolizní bezpečností stroje zde zaručují mechanické dorazy a prodloužené pojezdové lišty. Díky lineárním nůžkám lze využít možnost variability velikosti dávky skloviny bez změny (dávkovací misky) průměru výtokové hlavy.

Toto řešení splňuje všechna kritéria pro zlepšení kvality výroby, jakosti produktu, včetně snížení nákladů spojených s výrobou.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PODKLADŮ PRO ŘEŠENÍ**

- [1] Crystalex CZ [online], [cit 18. 7. 2013], <<http://www.crystalex.cz/>>
- [2] Sklář a keramik, č. 3-4/2009
- [3] Czech Crystal Celetná [online], [cit 18. 7. 2013], <<http://www.czechcrystal.com/>>
- [4] Crystalex Nový Bor: Exkurze s praxí [cit 1. 8. 2011]
- [5] Crystalex CZ: Praxe v rámci bakalářské práce [cit 18. 7. 2012]
- [6] Crystalex CZ: Seřizovací listy lisovacího stroje [cit 11. 9. 2012]
- [7] J. Kulifay: Popis fází stříhu, porovnání stříhů CX a T – elaborát pro Crystalex CZ, Nový Bor 2012
- [8] J. Kulifay: Vlastní dokumentace defektů s nákresy - elaborát pro Crystalex CZ, Nový Bor 2012
- [9] J. Kulifay: Vzorky foto (CX i T) – elaborát pro Crystalex CZ, Nový Bor 2012
- [10] J. Kulifay: Vzorky, dýnka detail – elaborát pro Crystalex CZ, Nový Bor 2012
- [11] J. Kulifay: Popis nožek a jejich vady – elaborát pro Crystalex CZ, Nový Bor 2012
- [12] J. Kulifay: Stříh foto CX, Film – elaborát pro Crystalex CZ, Nový Bor 2012
- [13] J. Kulifay: Stříh demonstrováný na plastelíně, popis, porovnání čepelí (CX i T) – elaborát pro Crystalex CZ, Nový Bor 2012
- [14] J. Kulifay: Plastelína – elaborát pro Crystalex CZ, Nový Bor 2012
- [15] J. Kulifay: Testovací vzorky včetně popisů, 2012 – elaborát pro Crystalex CZ, Nový Bor 2012
- [16] J. Belda: Sklářské a keramické stroje I, Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, Liberec 1991
- [17] J. Havlíček: Sklářské stroje, SNTL, Praha 1981
- [18] Wikipedia[online],[cit 13. 7. 2013], <<http://www.wikipedia.org/wiki/servomotor> />
- [19] Wikipedia[online],[cit 13. 7. 2013], <<http://www.wikipedia.org/wiki/elektromotor> />
- [20] A. Menard, S. J. Pinkerton: Abschneideschneidmechanismus für eine Glasformmaschine, EP 0549308 A1, 24. Prosinec 1991 (patent)
- [21] F. A. Dahms: Apparatus for straight line shearing, US 421 44 94 A, 21. únor 1979 (patent)
- [22] F. A. Dahms: Apparatus for straight line shearing, US 41 74 647 A, 8. únor 1978 (patent)
- [23] F. A. Dahms: Adjustable shear blade for a straight line shears, US 42 46 819 A, 21. Únor 1979 (patent)
- [24] A. Stephens, P. Vilk: Apparatus for straight line shearing of molten glass gobs, US 47 28 354 A, 14. Květen 1984 (patent)
- [25] Heureka[online],[cit 10. 8. 2013], <<http://www.stavebniny.hureka.cz/>>
- [26] WBparst[online],[cit 3. 7. 2013], <<http://www.wbparts.com/>>
- [27] Elotechnik[online],[cit 10. 8. 2013], <<http://www.elotechnik.cz/>>
- [28] Matis[online],[cit 3. 7. 2013], <<http://www.matis.cz/>>
- [29] Tea Technik [online],[cit 3. 7. 2013], <<http://www.teatechnik.cz/>>
- [30] RS [online],[cit 2. 7. 2013], <<http://cz.rs-online.com/>>
- [31] SEW Eurodrive[online],[cit 2. 7. 2013], <<http://www.sew-eurodrive.sk/>>
- [32] TechnicniCoat[online],[cit 3. 7. 2013], <<http://www.technicoat.cz/>>